



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 100 03 326 A 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 02 B 27/22**  
H 04 N 13/00

21 Aktenzeichen: 100 03 326.1  
22 Anmeldetag: 25. 1. 2000  
43 Offenlegungstag: 9. 8. 2001

DE 100 03 326 A 1

71 Anmelder:  
4D-Vision GmbH, 07749 Jena, DE

74 Vertreter:  
Dr. Werner Geyer, Klaus Fehners & Partner, 07745  
Jena

72 Erfinder:  
Grasnick, Armin, 07743 Jena, DE; Relke, Ingo,  
Dr.rer.nat., 07747 Jena, DE

56 Entgegenhaltungen:  
DE 195 02 643 A1  
US 57 51 479  
US 57 17 522  
US 57 03 717  
WO 94 06 049  
JP 10-3 33 090 A  
JP 08-1 63 605

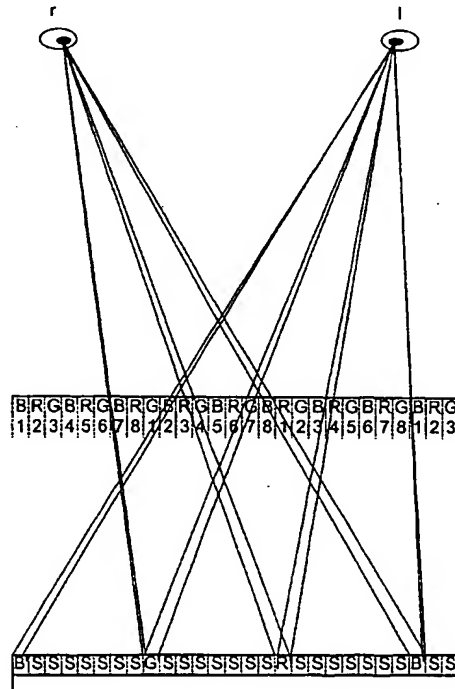
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Anordnung zur räumlichen Darstellung

57 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur räumlichen Darstellung, bei dem eine Vielzahl einzelner Bildelemente  $\alpha_{ij}$  in einem Raster aus Zeilen  $i$  und Spalten  $j$  gleichzeitig sichtbar gemacht wird, wobei die Bildelemente  $\alpha_{ij}$  Teilinformationen aus mehreren Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) einer Szene/des Gegenstandes wiedergeben und benachbarte Bildelemente  $\alpha_{ij}$  Licht verschiedener Wellenlängen/Wellenlängenbereiche abstrahlen. Die Erfindung bezieht sich weiterhin auf Anordnungen zur Ausführung des Verfahrens.

Bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art werden für das von den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  ausgestrahlte Licht Ausbreitungsrichtungen vorgegeben, die von der Wellenlänge abhängig sind, wobei sich die Ausbreitungsrichtungen innerhalb eines Betrachtungsraumes, in dem sich ein Betrachter aufhält, in einer Vielzahl von Schnittpunkten, die Betrachtungspositionen entsprechen, kreuzen. Von jeder Betrachtungsposition aus nimmt ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) wahr.



DE 100 03 326 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur räumlichen Darstellung einer Szene/eines Gegenstandes, bei dem eine Vielzahl einzelner Bildelemente  $\alpha_{ij}$  in einem Raster aus Zeilen  $i$  und Spalten  $j$  gleichzeitig sichtbar gemacht wird, wobei die Bildelemente  $\alpha_{ij}$  Teilinformationen aus mehreren Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) der Szene/des Gegenstandes wiedergeben und wobei benachbarte Bildelemente  $\alpha_{ij}$  Licht verschiedener Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche abstrahlen. Die Erfindung bezieht sich weiterhin auf Anordnungen zur Ausführung des Verfahrens.

Im Ergebnis der Bemühungen, Gegenstände, Landschaften, Einblicke in das Innere von Körpern und andere Dinge auf der Grundlage von Abbildungen für einen Betrachter räumlich wahrnehmbar darstellen zu können, ist im Verlaufe der Entwicklung eine Vielzahl von autostereoskopischen Verfahren entstanden, die man grob in Linsenrasterverfahren, Prismenrasterverfahren und Barriereverfahren unterscheiden kann.

Diesen Verfahren liegt das Prinzip zugrunde, mehrere verschiedene Perspektivansichten zwar gleichzeitig optisch wiederzugeben, durch geeignete Maßnahmen jedoch jedem Auge eines Betrachters nur eine oder auch mehrere dieser Perspektivansichten getrennt sichtbar zu machen, wodurch ein parallaktischer Effekt entsteht, der dem Betrachter eine räumliche Wahrnehmung erlaubt.

Bekanntermaßen treten bei diesen Verfahren bzw. bei der Benutzung von Anordnungen, die nach diesen Verfahren arbeiten, als unerwünschte Nebenerscheinung pseudoskopische Effekte auf, die zur Folge haben, daß der Betrachter ein bezüglich der räumlichen Tiefe umgekehrtes und damit unrealistisches Bild sieht. Auch entstehen in Abhängigkeit von der Ausgestaltung diesbezüglicher Anordnungen mehr oder weniger wahrnehmbar die allgemein als Moiré-Streifen bezeichneten Störungen. Die vorgenannten Erscheinungen lassen sich zwar verringern oder auch ausschließen, was in der Regel jedoch zusätzliche Maßnahmen erfordert, durch welche die Anordnungen verteuert oder hinsichtlich ihrer Benutzbarkeit nachteilig beeinträchtigt werden.

Es ist bekannt, zur optischen Wiedergabe der Perspektivansichten eines Gegenstandes zwecks autostereoskopischer Darstellung elektronisch ansteuerbare Displays zu verwenden, die bei Ansteuerung in der herkömmlichen Weise auch zur zweidimensionalen Darstellung von Ansichten geeignet sind. Diesbezüglich ist es für denkbare Anwendungsfälle wünschenswert, eine Umschaltung von der räumlichen autostereoskopischen in eine zweidimensionale Darstellung (und umgekehrt) derselben Szene bzw. desselben Gegenstandes vornehmen zu können. Nachteiligerweise verändert sich aber bei den bekannten Anordnungen dieser Art mit der Umschaltung die Bildqualität so, daß beispielsweise angezeigter Text in einer Betriebsart gut, in der anderen aber nur noch unzureichend lesbar ist. Dies tritt bei Anordnungen nach dem Barriereverfahren besonders dann auf, wenn die Barriere aus vertikal nebeneinander angeordneten, abwechselnd opaken und transparenten Streifen besteht. Moiré-Effekte treten hier außerdem noch auf und sorgen für ein unangenehmes Sehempfinden. Auch Linsenraster verringern durch die permanente optische Abbildung die Lesbarkeit von dargestelltem Text ganz wesentlich.

In EP 0791847 ist eine Anordnung beschrieben, bei der autostereoskopische Darstellungen unter Verwendung eines herkömmlichen RGB-LC-Displays in Verbindung mit schräg gestellten Lentikularen erzeugt werden, wobei vom Prinzip her Moiré-Muster entstehen. Zur Reduzierung des Moiré-Musters wird in dieser Veröffentlichung vorgeschlagen, die den Subpixeln zugeordneten Farbfilter in einer anderen Konfiguration anzuordnen. Nachteiligerweise ist zur Verwirklichung dieses Vorschlages ein verändernder Eingriff in bewährte Ausführungsformen und Fertigungsabläufe erforderlich, was in Anbetracht der industriellen Groß-Serienfertigung der üblichen RGB-LC-Displays mit zu hohem Aufwand verbunden wäre. Außerdem erstreckt sich die Wirkung der hier vorgeschlagenen Maßnahme nicht auch auf die Beseitigung der Nachteile im Falle von zweidimensionalen Darstellungen, so daß eine gleichbleibend hohe Bildgüte bei Umschaltung einer Darstellung von autostereoskopisch auf zweidimensional nicht gewährleistet ist. In der vorgenannten Schrift handelt es sich um eine Anordnung, bei der zur Erzeugung der autostereoskopischen Darstellung Linsen verwendet werden.

Auch in WO 97/02709 wird eine Änderung der Flächenstruktur eines Bildanzeigergerätes vorgeschlagen, um eine Verringerung des Moiré-Effektes zu erzielen. Dabei soll die RGB-Pixel-Flächenstruktur so verändert werden, daß sich ein moiré-verminderter autostereoskopischer Effekt ergibt. Dabei wird das Barriereverfahren genutzt, indem transparente Schlitze, die von opaken Flächen umgeben sind, zur Anwendung kommen.

In US 5,936,774 werden als Grundlage der autostereoskopischen Darstellung strukturierte Lichtquellen, die u. a. auch hinsichtlich ihrer spektralen Eigenschaften strukturiert sein können, verwendet. Diese wirken mit linsenartigen optischen Bauelementen zusammen, die für jede Perspektivansicht eine Gruppe von in bestimmten Abständen erzeugten Lichtkonzentrationen auf vorgesehene Regionen von Lichtmodulatoren, zum Beispiel LC-Displays, abbilden. Auch bei diesen Anordnungen treten die bereits beschriebenen nachteiligen Effekte auf.

In JP 10333090 wird vorgeschlagen, zur Richtungsselektion des von den Perspektivansichten ausgehenden Lichtes eine farbige Beleuchtung und Farbfilter zu verwenden. Zusätzlich ist ein optisches Filter vorgesehen, das die Lichtmenge in vorgegebenen Wellenlängenbereichen verringern soll. Bei der hier beschriebenen Verfahrensweise handelt es sich um ein zweikanaliges Verfahren, bei dem lediglich zwei Perspektivansichten zugrunde liegen, von denen jeweils eine einem Auge des Betrachters zur Wahrnehmung angeboten wird. Die Breite eines Filterelementes bzw. die Breite eines Beleuchtungselementes entspricht der Offenlegung zufolge etwa der doppelten Breite eines Subpixels in einem LC-Display. Daraus folgt zwangsläufig, daß herkömmliche LC-Displays zur Erzeugung der strukturierten Beleuchtung nicht anwendbar sind, da bei diesen Displays eine RGBRGBRGB...-Farbstruktur der Subpixel vorgegeben ist. Außerdem führen die periodisch angeordneten und streifenförmig ausgebildeten Farbfilter auch hier zwangsläufig wieder zur Entstehung von Moiré-Streifen. Weiterhin nachteilig ist der fest vorgegebene Abstand des Betrachters von der Bildebene, der sich mit den angegebenen Gleichungen bzw. Funktionen ergibt.

Auch in JP 10186272 und JP 8194190 werden zur autostereoskopischen Darstellung Farb-LC-Displays in Verbindung mit farbigen Beleuchtungen bzw. Farbfiltern verwendet. Bei den hier vorgeschlagenen Anordnungen können der autostereoskopischen Darstellung mehrere Perspektivansichten zugrunde gelegt werden. Für die Filter sind ausschließlich die Primärfarben rot, grün und blau vorgesehen; die Beleuchtungsquellen und die vorgeschalteten Filter sind streng periodisch in der gleichen oder der entgegengesetzten Reihenfolge der Primärfarben auf der zugehörigen Farbmaske struk-

turiert. Dabei sind die Farbfilter streifenförmig ausgebildet, und die Breite der Filterelemente entspricht im wesentlichen dem Produkt aus der Breite eines Subpixels und der Anzahl der dargestellten Ansichten.

Hieraus folgt, daß die Breite eines Filterelementes mindestens doppelt so groß sein muß wie die eines Subpixels im LC-Display. Damit ist (ebenso wie bei der Anordnung nach JP 10333090) aufgrund der vorgegebenen RGBRGBRGB...-Subpixelstruktur die Verwendung kommerzieller LC-Displays für eine strukturierte Beleuchtung nicht möglich. Des weiteren werden in starkem Maße Moiré-Streifen erzeugt, wenn beispielsweise acht Perspektivansichten der autostereoskopischen Darstellung einer Szene bzw. eines Gegenstandes zugrunde gelegt werden sollen. Dann nämlich hätte eine streifenförmige RGB-Sequenz eines Filters, unter Annahme einer Ausdehnung von  $70\text{ }\mu\text{m}$ , wie derzeit für ein Subpixel üblich, auf dem LC-Display eine Breite von  $3 \times 8 \times 70\text{ }\mu\text{m} = 1,68\text{ mm}$ . Bei einer solchen Struktur entstehen Moiré-Streifen, wodurch die Darstellungsqualität gemindert wird.

In JP 8163605 ist wiederum eine Anordnung beschrieben, bei der zwei Perspektivansichten verwendet werden. Dabei sind die Pixel, auf denen die Ansichten dargestellt werden, jeweils eindeutig nur für eines der beiden Augen des Betrachters sichtbar. Zur Richtungsselektion des von den Pixeln ausgehenden Lichtes sind streifenförmige Farbfilter vor einem Display bzw. vor einem streifenförmigen RGB-Beleuchtungselement angeordnet. Auch hier treten die Nachteile auf, wie sie bereits weiter oben beschrieben sind.

Nach der Beschreibung in JP 8146347 korrespondiert zum Zwecke der Richtungsselektion eine separate Transparent-Opak-Barriere mit einem Farbfilter. Dabei sind die transparenten Bereiche der Barriere bzw. die transluzenten Bereiche des Farbfilters jeweils entweder schlitzen- oder kreisförmig ausgebildet. Hier wie auch bei der Anordnung nach JP 8146346, die ein Zweikanalverfahren mit streifenförmigen, vertikalen Farbfiltern für die Richtungszuordnung der beiden Perspektivansichten verwendet, treten ebenfalls die beschriebenen Nachteile auf.

Von diesem Stand der Technik ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, mit wenigen, bevorzugt handelsüblichen optischen Baugruppen eine autostereoskopische Darstellung mit verbesserter Wahrnehmbarkeit zu erreichen.

Erfindungsgemäß werden bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art für das von den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  ausgestrahlte Licht Ausbreitungsrichtungen vorgegeben, die von der Wellenlänge dieses Lichtes abhängig sind, wobei sich die Ausbreitungsrichtungen innerhalb eines Betrachtungsraumes, in dem sich der/die Betrachter aufhalten, in einer Vielzahl von Schnittpunkten, die jeweils einer Betrachtungsposition entsprechen, kreuzen. Von jeder Betrachtungsposition aus nimmt ein Betrachter mit einem Auge überwiegend Bildelemente  $\alpha_{ij}$  einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Bildelemente  $\alpha_{ij}$  einer zweiten Auswahl aus den Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) wahr.

Ein Bildelement  $\alpha_{ij}$  sei in diesem Zusammenhang eine selbstleuchtende oder beleuchtete Fläche geringer Größe mit einem Flächeninhalt von etwa  $10.000\text{ }\mu\text{m}^2$  bis zu einigen  $\text{mm}^2$ , auf der ein minimaler Ausschnitt einer der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ), im folgenden als Teilinformation einer solchen Ansicht  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) bezeichnet, an der Stelle  $ij$  wiedergegeben werden kann. Vorteilhaft kann mit dem Indexpaar  $ij$  auch die Position in der Ansicht  $A_k$  bezeichnet sein, von der die Teilinformation stammt, die auf dem Bildelement  $\alpha_{ij}$  wiedergegeben wird – sofern auch die Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) in Raster aus Zeilen  $i$  und Spalten  $j$  gegliedert sind.

Unter einer Auswahl aus den Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) sind die Ansichten  $A_k$  zu verstehen, deren Bildelemente  $\alpha_{ij}$  entweder überwiegend für das eine oder für das andere Auge sichtbar sein sollen. Beispielsweise können die Ausbreitungsrichtungen für Licht, das von Bildelementen  $\alpha_{ij}$  kommt, auf denen Teilinformationen der (einer ersten Auswahl entsprechenden) Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots 4$ ) dargestellt sind, so vorgegeben werden, daß dieses Licht bzw. diese Teilinformationen überwiegend das linke Auge eines sich im Betrachtungsraum aufhaltenden Betrachters erreichen, während die Ausbreitungsrichtungen für das Licht, das von Bildelementen  $\alpha_{ij}$  kommt, auf denen Teilinformationen der übrigen (einer zweiten Auswahl entsprechenden) Ansichten  $A_k$  ( $k = 5 \dots n$ ) dargestellt sind, so vorgegeben werden, daß dieses Licht bzw. diese Teilinformationen überwiegend in das rechte Auge desselben Betrachters gelangen. In diesem Falle umfaßt demnach die erste, für das linke Auge vorgesehene Auswahl die Ansichten  $A_1, A_2, A_3$  und  $A_4$ . Die zweite, für das linke Auge vorgesehene Auswahl würde hierbei die Ansichten  $A_5, A_6 \dots A_n$  umfassen.

Dabei seien ausdrücklich auch die Fälle in das erfindungsgemäße Verfahren eingeschlossen, in denen das von einem Bildelement  $\alpha_{ij}$  kommende Licht nicht vollständig, sondern nur zum Teil in das betreffende Auge des Betrachters gelangt, was beispielhaft bei partieller Abdeckung eines Bildelement  $\alpha_{ij}$ , etwa durch Anordnungsteile, denkbar ist.

Die Bedingung, daß ein Auge "überwiegend" Bildelemente  $\alpha_{ij}$  bzw. auf diesen Bildelementen  $\alpha_{ij}$  wiedergegebene Teilinformationen wahrnimmt, ist auch dann erfüllt, wenn dieses Auge beispielsweise 80% der Bildelemente  $\alpha_{ij}$  sieht, die Teilinformationen der Ansicht  $A_1$  wiedergeben, während das andere Auge zwar ebenfalls solche Bildelemente  $\alpha_{ij}$ , die Teilinformationen der Ansicht  $A_1$  wiedergeben, sehen kann, jedoch weniger als 80%.

Bevorzugt werden die Ausbreitungsrichtungen durch eine Vielzahl von Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  vorgegeben, wobei jeweils ein Bildelement  $\alpha_{ij}$  mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  oder ein Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  mit mehreren zugeordneten Bildelementen  $\alpha_{ij}$  derart korrespondiert, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen der Flächenmitte des sichtbaren Abschnittes eines Bildelementes  $\alpha_{ij}$  und der Flächenmitte des sichtbaren Abschnittes eines Wellenlängenfilters  $\beta_{pq}$  einer Ausbreitungsrichtung entspricht.

Dabei ist es von Vorteil, wenn die Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  in Arrays mit Zeilen  $p$  und Spalten  $q$  angeordnet und eines oder mehrere solcher Arrays dem Raster mit den Bildelementen  $\alpha_{ij}$ , bezogen auf die Blickrichtung eines Betrachters, in einem festen Abstand  $z$  vor- und/oder nachgeordnet sind.

Zwecks Vorgabe der Ausbreitungsrichtungen werden den Bildelementen  $\alpha_{ij}$ , die zugeordnete Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) wiedergeben, genau definierte Positionen  $ij$  auf dem Raster zugewiesen. Den Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$ , die mit diesen Bildelementen  $\alpha_{ij}$  korrespondieren sollen, werden definierte Positionen  $p,q$  auf dem Array zugewiesen. Die Ausbreitungsrichtungen ergeben sich dann aus den Positionen der Bildelemente  $\alpha_{ij}$  auf dem Raster und den Positionen der korrespondierenden Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  auf dem Array in Verbindung mit dem Abstand  $z$  zwischen Raster und Array.

Die Zuordnung von Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) zu Bildelementen  $\alpha_{ij}$  wie auch die Positionierung dieser Bildelemente  $\alpha_{ij}$  auf dem Raster kann erfindungsgemäß nach folgender Funktion vorgenommen werden

$$k = i - c_{ij} \cdot j - n \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{i - c_{ij} \cdot j - 1}{n} \right].$$

5

Hierin sind bezeichnet mit

- i der Index eines Bildelementes  $\alpha_{ij}$  in einer Zeile des Rasters,
- j der Index eines Bildelementes  $\alpha_{ij}$  in einer Spalte des Rasters,
- 10 - k die fortlaufende Nummer der Ansicht  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ), aus der die Teilinformation stammt, die auf einem bestimmten Bildelement  $\alpha_{ij}$  wiedergegeben werden soll,
- n die Gesamtzahl der jeweils verwendeten Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ),
- $c_{ij}$  eine wählbare Koeffizientenmatrix zur Kombination bzw. Mischung der verschiedenen von den Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) stammenden Teilinformation auf dem Raster und
- 15 - IntegerPart eine Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

Mit anderen Worten: Die Indizes ij bezeichnen die Positionen von Bildelementen  $\alpha_{ij}$ , für die anzugeben ist, aus welcher der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) die darzustellende Teilinformation bezogen werden soll. Dabei steht i für den horizontalen Index (mit Werten von 1 bis zur horizontalen Bildelementauflösung, das ist im Falle der Darstellung der Teilinformationen auf RGB-Subpixeln der dreifache Wert der Pixelauflösung) und j für den vertikalen Index (mit Werten von 1 bis zum Wert der vertikalen Bildelementauflösung).

20

Soll für eine beliebige, aber feste Anzahl n von Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ), die alle die gleiche Bildauflösung bzw. das gleiche Format besitzen, das auf dem Raster darzustellende, aus Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) zu kombinierende Gesamtbild ermittelt werden, so ist für die Kombinationsvorschrift noch folgendes zu berücksichtigen:

25

Die Koeffizientenmatrix  $c_{ij}$  kann als Einträge Werte besitzen, die reellen Zahlen entsprechen. Dabei sind für i und j natürliche Zahlen größer "Null" im oben genannten Wertebereich möglich.

Das auf dem Raster dargestellte, aus den verschiedenen Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) kombinierte Gesamtbild wird bei Vorgabe dieser Parameter entsprechend der oben angegebenen Funktion erzeugt, indem alle möglichen Indexpaare i, j durchlaufen werden.

30

Als weitere Voraussetzung für die Erzeugung einer räumlichen Darstellung wird erfindungsgemäß bestimmt, in welcher Struktur die Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$ , die im Zusammenwirken mit den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  die Ausbreitungsrichtungen vorgeben, innerhalb des Arrays mit Zeilen p und Spalten q zu positionieren sind.

35

Die Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  weisen Transparenzwellenlängen- oder Transparenzwellenlängenbereiche  $\lambda_b$  auf, die bevorzugt dem Wellenlängen- oder Wellenlängenbereich  $\lambda_a$  des von den korrespondierenden Bildelementen  $\alpha_{ij}$  abgestrahlten Lichtes entsprechen. Für besondere Ausgestaltungen der Erfindung, die weiter unten noch erläutert werden, können die Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  beispielsweise auch Transparenzwellenlängen-/wellenlängenbereiche  $\lambda_b$  aufweisen, die außerhalb des Spektrums des sichtbaren Lichtes liegen, so daß das sichtbare Licht durch diese Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  abgeblockt wird.

40

Eine Transparenzwellenlänge/ein Transparenzwellenlängenbereich  $\lambda_b$  kann auch für eine Kombination aus verschiedenen Wellenlängenbereichen stehen (z. B. transparent für Blau und Rot, nicht für Grün). Der Index b kann demnach Werte von 1 bis zur Maximalzahl der festgelegten Transparenzwellenlängen-/wellenlängenbereiche  $\lambda_b$  haben. Im Falle eines Wellenlängenfilterarrays, das an vorgegebenen, durch das Indexpaar p,q definierten Positionen Licht der Grundfarben R, G, B passieren lassen soll, während an anderen solcher Positionen das gesamte sichtbare Spektrum abgeblockt werden soll, ist  $b_{\max} = 4$ . Dabei entsprechen beispielsweise die Transparenzwellenlängen-/wellenlängenbereiche  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  und  $\lambda_3$  rotem (R), grünem (G) oder blauem (B) Licht und die Transparenzwellenlänge/der Transparenzwellenlängenbereich  $\lambda_4$  liegt vollständig außerhalb des Spektralbereiches des gesamten sichtbaren Lichtes. Eine solche Transparenzwellenlänge/ein solcher Transparenzwellenlängenbereich  $\lambda_4$  ergibt dann einen opaken Filter (S).

45

Die Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  auf dem Array können insofern als transluzente oder transparente Teile eines Maskenbildes angesehen werden. Die Position eines jeden Wellenlängenfilters  $\beta_{pq}$  ist durch den Index p,q eindeutig festgelegt. Jedem Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  wird eine bestimmte Transparenzwellenlänge bzw. ein bestimmter Transparenzwellenlängenbereich  $\lambda_b$  zugeordnet. Dabei erfolgt die Strukturierung der Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  zu einem Maskenbild – analog zur Kombination der Teilinformationen der verschiedenen Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) zu einem Gesamtbild – nach folgender Vorschrift:

55

$$b = p - d_{pq} \cdot q - n_m \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{p - d_{pq} - 1}{n_m} \right],$$

60 mit

- p dem Index eines Wellenlängenfilters  $\beta_{pq}$  in einer Zeile des Arrays,
- q dem Index eines Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  in einer Spalte des Arrays,
- b einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  an der Position p,q eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen-/wellenlängenbereiche  $\lambda_b$  festlegt und Werte zwischen 1 und  $b_{\max}$  haben kann,
- 65 -  $n_m$  einem ganzzahligen Wert größer "Null", der bevorzugt der Gesamtzahl n in dem Kombinationsbild dargestellten Ansichten  $A_k$  entspricht,
- $d_{pq}$  einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Erzeugung eines Maskenbildes und

– IntegerPart einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

Die wählbare Koeffizientenmatrix  $d_{pq}$  kann als Einträge Werte besitzen, die reellen Zahlen entsprechen. Dabei sind für  $p$  und  $q$ , die (wie bereits dargestellt) Positionen innerhalb des Wellenlängenfilterarrays beschreiben, natürliche Zahlen größer "Null" möglich. 5

Der Erzeugung des kombinierten Gesamtbildes aus den Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) und der Erzeugung des Maskenbildes liegen demzufolge gleichartige oder zumindest artverwandte Vorschriften zugrunde. Die Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  als Elemente des Maskenbildes besitzen vorzugsweise die gleiche Flächenausdehnung wie die Bildelemente  $\alpha_{ij}$ . 10

Der letztgenannte Sachverhalt ist besonders vorteilhaft im Zusammenhang mit der Verringerung von Moiré-Effekten anwendbar. Sichtbare periodische Überlagerungen des Rasters aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$  zur Bildwiedergabe mit Arrays aus Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  als Maskenbild können auf diese Weise definiert verringert werden, wodurch auch Moiré-Effekte vermindert werden. 15

Auch allein die Tatsache, daß jedes Maskenbild definiert wellenlängenselektiv strukturiert ist, kann dazu ausgenutzt werden, Moiré-Effekte durch geeignet strukturierte Maskenbilder wesentlich zu vermindern. Dies geschieht beispielsweise, wenn die Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  für die Grundfarben R, G, B jeweils auf einem im wesentlichen opaken Hintergrundmuster in Form eines gleichschenkligen Dreiecks angeordnet werden. Dann nämlich ergibt sich für jede Grundfarbe R, G, B nicht hauptsächlich eine bevorzugte Richtung der Überlagerung mit direkt darunter bzw. darüber liegenden Bildelementen  $\alpha_{ij}$  jeweils gleicher Grundfarbe in der Ebene des Arrays, sondern es ergeben sich viele verschiedene Richtungen, wodurch die Wahrnehmbarkeit des Moiré deutlich gehemmt wird. 20

Es können für verschiedene  $b$  auch Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche  $\lambda_b$  gleichen Inhalts vorgegeben werden: gilt beispielsweise  $b_{\max} = 8$ , können  $\lambda_1$  bis  $\lambda_3$  für R, G, B in dieser Reihenfolge und  $\lambda_4$  bis  $\lambda_8$  für Wellenlängen außerhalb des sichtbaren Lichts stehen, wobei dann  $\lambda_1$  bis  $\lambda_3$  die Farben R, G, B transmittieren und  $\lambda_4$  bis  $\lambda_8$  das sichtbare Spektrum abblocken. Dann liefert die Kombinationsvorschrift für die Parameter  $d_{pq} = -1 = \text{const}$  und  $n_m = 8$  ein Maskenbild, das periodisch auf opakem Hintergrund schräge Streifen in den RGB- Farben erzeugt. Zwischen diesen farbigen Streifen bleiben jeweils fünf der Bildelemente  $\alpha_{ij}$  in jeder Zeile opak. Der Winkel der Schrägstellung der farbigen Streifen hängt dabei ab von den Abmaßen der Bildelemente  $\alpha_{ij}$ . Zu bevorzugen sind Ausgestaltungen der Erfindung, bei denen  $b_{\max}$  und  $n_m$  gleich groß sind. 25

In einer weiteren beispielhaften Ausgestaltung können wiederum mehrere der Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche  $\lambda_b$  die gleichen Filterwirkungen haben: Seien  $\lambda_1 \dots \lambda_7$  Wellenlängenbereiche, die das gesamte sichtbare Spektrum abblocken,  $\lambda_8$  ein für das sichtbare Spektrum transparenter Filterbereich und sei weiterhin  $n_m = 8$  sowie  $d_{pq} = -1 = \text{const}$ , so ergibt sich nach der Vorschrift zur Erzeugung eines Maskenbildes ein im wesentlichen opakes Maskenbild, welches auf der Fläche gleichmäßig verteilte schräge transparente Streifen beinhaltet, die etwa ein Achtel der gesamten Fläche einnehmen. 30

Die Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  und die Bildelemente  $\alpha_{ij}$  sind einander also durch Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche zugeordnet, d. h. ein Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  einer bestimmten Transparenzwellenlänge/-wellenlängenbereich  $\lambda_b$  kann jeweils das Licht derjenigen Bildelemente  $\alpha_{ij}$  passieren lassen, die Licht ausstrahlen, das dieser Transparenzwellenlänge entspricht bzw. innerhalb des Transparenzwellenlängenbereiches  $\lambda_b$  liegt. Es kann aber auch, wie bereits dargestellt, vorgesehen sein, daß Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  das von zugeordneten Bildelemente  $\alpha_{ij}$  kommende Licht abblocken. 35

Der in Blickrichtung gemessene Abstand  $z$  zwischen dem Array aus Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  und dem Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$  ist ein Parameter, der unter Berücksichtigung der Breite der Bildelemente  $\alpha_{ij}$ , der Breite der Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  und der Größe des Betrachtungsraumes festzulegen ist, und zwar so, daß bei einer vorgegebenen Kombination der einzelnen Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) auf dem Raster innerhalb des Betrachtungsraumes die dargestellte Szene/der Gegenstand dreidimensional wahrnehmbar ist. 40

Beispielhaft kann der Abstand  $z$  zwischen dem Array aus Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  und dem Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$ , in Blickrichtung gemessen, nach folgender Gleichung festgelegt werden: 45

$$\frac{z}{s_p} = \frac{d_a}{p_d} \quad 50$$

Hierin bedeutet:

- $s_p$  den mittleren horizontalen Abstand zwischen zwei Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$ , wenn das Array mit den Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  in Blickrichtung eines Betrachters hinter dem Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$  angeordnet ist, oder den mittleren horizontalen Abstand zwischen zwei Bildelementen  $\alpha_{ij}$ , wenn das Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$  in Blickrichtung eines Betrachters hinter dem Array mit den Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  angeordnet ist, 55
- $p_d$  die mittlere Pupillendistanz bei einem Betrachter und
- $d_a$  einen wählbaren Betrachtungsabstand, der im wesentlichen dem mittleren aller im gesamten Betrachtungsraum möglichen Abstände zwischen dem Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$  und einem Betrachter bzw. einer Betrachtungsposition entspricht. 60

Werden nun beispielsweise zur Erzeugung eines Maskenbildes mit  $b_{\max} = 4$  drei Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  vorgegeben für R, G, B und ein weiterer Transparenzwellenlängenbereich  $\lambda_4$ , mit dem das sichtbare Licht komplett abgeblockt werden kann, so ergibt sich unter Verwendung der Koeffizientenmatrix  $d_{pq}$ , die man nach der Vorschrift erzeugen kann 65

$$d_{pq} = \frac{p-1-(p \bmod 3)}{q} \delta((p+q) \bmod 8) + \left(\frac{p-4}{q}\right) \delta[\delta((p+q) \bmod 8)]$$

ein für die räumliche Darstellung eines Gegenstandes/einer Szene auf der Grundlage von  $n = 8$  Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) gut geeignetes Maskenbild.

Hierbei sei  $n_m = 8$ ; "mod" bezeichnet die Restklasse in bezug auf einen Teiler. Die Funktion  $\delta$  gibt für alle Argumente ungleich "Null" den Wert "Null"; für das Argument "Null" ergibt sich der Funktionswert 1, denn es gilt  $\delta(0) = 1$  und  $\delta(x \neq 0) = 0$ . Die Indizes  $p, q$  durchlaufen alle möglichen Werte, die innerhalb des Maskenbildes liegen; das sind bei der Darstellung auf einem Farb-LC-Display z. B. für  $p$  Werte von 1 bis  $640 \cdot 3$  und für  $q$  Werte von 1 bis 480.

Breitet sich das von den einzelnen Bildelementen  $\alpha_{ij}$  abgestrahlte Licht in einer Weise aus, die erfindungsgemäß vorgegeben ist, entstehen innerhalb eines Betrachtungsraumes, der sich vor dem Raster mit den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  befindet, eine Vielzahl von Betrachtungspositionen, von denen aus jeder Betrachter, der sich innerhalb dieses Betrachtungsraumes befindet, mit einem Auge überwiegend Bildelemente  $\alpha_{ij}$  einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Bildelemente  $\alpha_{ij}$  einer zweiten Auswahl aus den Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) sieht, wodurch die Szene bzw. der Gegenstand durch den jeweiligen Betrachter räumlich wahrgenommen wird.

Die Vielzahl solcher Betrachtungspositionen ist dabei so groß und die Betrachtungspositionen liegen so dicht nebeneinander, daß Betrachter sich innerhalb des Betrachtungsraumes bewegen können, während sich ihre Augen quasi stets in einer solchen Betrachtungsposition befinden, denn die Betrachtungspositionen entsprechen jeweils Schnittpunkten der definiert vorgegebenen Ausbreitungsrichtungen und die für das Auge sichtbaren Lichtstrahlen haben einen zwar kleinen, jedoch vorhandenen Flächenquerschnitt.

Als Betrachtungsraum sei im Zusammenhang mit dieser Erfindung der Bereich zu verstehen, in dem sich der Betrachter aufhalten bzw. bewegen und dabei, sofern er in Richtung zum Raster blickt, die Szene bzw. den Gegenstand räumlich wahrnehmen kann. Je nach der Struktur des Maskenbildes und verwendeter Anzahl  $n$  von Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) sind so Blickwinkel auf das Raster von über  $45^\circ$  möglich, d. h. der Betrachtungsraum kann einen von der Mittelsenkrechten des Rasters ausgehenden Öffnungswinkel von über  $45^\circ$  haben.

Dieses neue Verfahren zur autostereoskopischen Darstellung unterscheidet sich gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten einschlägigen Verfahren wesentlich. Während bei den bekannten Verfahren Teilinformationen einer Ansicht ausschließlich nur für das eine oder das andere Auge des Betrachters sichtbar sein sollen, läßt dieses neue Verfahren absichtlich zu, daß Teilinformationen einer oder mehrerer Ansichten für beide Augen des Betrachters sichtbar sind.

Als Voraussetzung für die räumliche Wahrnehmung ist die Bedingung zu erfüllen, daß jeweils ein Auge mehr Teilinformationen derselben Ansicht sieht als das andere Auge. Allerdings wird bei Einhaltung der erfindungsgemäß vorgegebenen Ausbreitungsrichtungen erreicht, daß die Anzahl "falscher", weil eigentlich dem anderen Auge zuzuordnender Teilinformationen einen Grenzwert nicht überschreitet, von dem an die räumliche Wahrnehmung nicht mehr in ausreichender Qualität möglich ist. Dabei ist es vorteilhaft, jedoch nicht zwingend erforderlich, als Ansichten der Szene/des Gegenstandes Perspektivansichten zu verwenden.

Soll etwa ein Gegenstand auf der Grundlage von beispielhaft acht Perspektivansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots 8$ ) dreidimensional dargestellt werden, ist bei erfindungsgemäß vorgegebenen Ausbreitungsrichtungen von der Vielzahl der Betrachtungspositionen aus die räumliche Wahrnehmung auch dann in hoher Qualität gewährleistet, weil das rechte Auge des Betrachters zwar nicht ausschließlich, aber überwiegend Bildelemente  $\alpha_{ij}$  mit Teilinformationen beispielhaft der Ansichten  $A_1$  bis  $A_4$  und das linke Auge des Betrachters zwar nicht ausschließlich, aber überwiegend Bildelemente  $\alpha_{ij}$  mit Teilinformationen der Ansichten  $A_5$  bis  $A_8$  wahrnimmt, wobei für das linke Auge in begrenzter Anzahl auch Bildelemente  $\alpha_{ij}$  oder Teile davon mit Teilinformationen der Ansichten  $A_1$  bis  $A_4$  und für das rechte Auge in begrenzter Anzahl auch Bildelemente  $\alpha_{ij}$  oder Teile davon mit Teilinformationen der Ansichten  $A_5$  bis  $A_8$  sichtbar sind.

Die dabei für beide Augen sichtbaren "falschen" Bildelemente  $\alpha_{ij}$  führen zwar prinzipiell zu einer geringen Verfälschung des dreidimensionalen Eindrucks, was jedoch innerhalb des Betrachtungsraumes nicht den in der Tiefe korrekten 3D-Eindruck zerstört.

Hieraus ergibt sich auch ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens, der darin besteht, daß dessen Umsetzung und Nutzung mit Anordnungen möglich ist, die unter Verwendung weniger handelsüblicher Serienprodukte, wie beispielsweise Farb-LC-Displays sowohl für die Wiedergabe der Teilinformationen auf den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  als auch für die Erzeugung des Maskenbildes mit Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$ , kostengünstig herstellbar sind. Wenn die Subpixel R, G, B eines Farb-LC-Displays als Bildelemente  $\alpha_{ij}$  dienen und diese die Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) wiedergeben, kann eine erstaunliche Farbtreue und Farbbrillanz erreicht werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet weiterhin den Vorteil, daß je nach Auflösung des zur Bildwiedergabe verwendeten Rasters die Möglichkeit besteht, der dreidimensionalen Darstellung quasi beliebig viele, jedoch wenigstens zwei Ansichten einer Szene bzw. eines Gegenstandes zugrunde zu legen.

Außerdem ist es möglich, die Lesbarkeit von dargestelltem Text – verglichen mit bekannten Schwarz-Weiß-Barrierungsverfahren – wesentlich zu verbessern. Werden nämlich in einer Anordnung, die im Rahmen dieser Erfindung liegt, wellenlängenabhängige Maskenbildstrukturen ganz ohne opake Flächen verwendet und gewöhnlicher Text untergelegt, so ist – im Gegensatz zu einer Schwarz-Weiß-Barriere für vier Ansichten, bei der im Mittel nur ein Teil, nämlich ein Viertel der dargestellten Textfläche sichtbar ist – der Text unter jedem Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  sichtbar. Dies erleichtert die Textlesbarkeit ganz wesentlich.

Außerdem kann in diesem Falle für ein dreidimensional dargestelltes Bild (z. B. bei Verwendung von Bandpaßfiltern mit einer Transmission von 100%) bezogen auf die mittlere Flächenleuchtdichte um etwa ein Drittel heller sein als das gleiche, jedoch mit einer Schwarz-Weiß-Barriere erzeugte dreidimensionale Bild.

Die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist nicht nur auf das Licht im sichtbaren Spektralbereich beschränkt, sondern es können mit einem entsprechend modifizierten Wellenlängenfilter-Array auch Anteile des nicht sichtbaren elektromagnetischen Spektrums zurückgehalten oder durchgelassen werden und auf diese Weise, wenn sich



dabei an der Stelle des Betrachters eine für diese Spektralbereiche ausgelegte stereoskopische Kamera befindet, dreidimensionale Aufnahmen gewonnen und nach Frequenzwandlung zwecks visueller Auswertung sichtbar gemacht werden. Damit ergeben sich allein schon für den medizinischen Bereich zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten, wenn nämlich beispielhaft eine Strahlendosis mit vorgegebener Wellenlänge in eine bestimmte räumliche Tiefe eines Körpers eingebracht werden soll.

Jedes Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  kann fest vorgegebene Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche  $\lambda_b$  aufweisen, die der Wellenlänge des von den zugeordneten bzw. korrespondierenden Bildelementen  $\alpha_{ij}$  kommenden Lichtes beinhaltet. Alternativ hierzu können allerdings auch Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  vorgesehen sein, deren Transparenzwellenlänge/-wellenlängenbereich  $\lambda_b$  in Abhängigkeit von einer Ansteuerung veränderbar ist.

Dabei ist bei entsprechender Programmierung einer Ansteuerschaltung auch eine Veränderung der Filterwirkung der Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  während des Betriebes möglich, was vorteilhaft dazu genutzt werden kann, die autostereoskopische Wahrnehmbarkeit eines dargestellten Gegenstand dem individuellen Eindruck eines Betrachters angleichen zu können. Dies geschieht, indem das Maskenbild verändert wird. So kann z. B. ein Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  je nach Ansteuerung eine bestimmte Grundfarbe, beispielsweise R, optimal oder gar nicht oder in einer Helligkeitsabhängigen Zwischenstufe transmittieren.

Auch können auf diese Weise ausgewählte, zu einem vorgegebenen Bereich des Arrays gehörende Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  möglichst vollständig transparent geschaltet werden, wodurch dieser Bereich eine zweidimensionale Darstellung der Szene bzw. des Gegenstandes erzeugt, während die übrigen, nach wie vor wellenlängengefilterten Bereiche weiterhin eine dreidimensionale Darstellung wiedergeben. Selbstverständlich ist es auf diese Weise auch möglich, die gesamte Szene/den gesamten Gegenstand durch entsprechende Ansteuerung aller Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  wahlweise zweidimensional oder dreidimensional darzustellen.

Letzteres kann beispielsweise erreicht werden, wenn als Wellenlängenfilter-Array ein transparentes Farb-LC-Display genutzt wird, das ebenso wie das zur Bildwiedergabe vorgesehene Farb-LC-Display über separat ansteuerbare (zur Unterscheidung mit einem Apostroph versehene) Subpixel R', G', B' verfügt, und diesem eine über die gesamte Fläche des Displays sich ausdehnende flächige Beleuchtung zugeordnet wird. Bei eingeschalteter Beleuchtung gehen dann von jedem Subpixel R', G', B' Strahlungen der entsprechenden Grundwellenlänge bzw. entsprechender Wellenlängen-/Wellenlängenbereiche aus.

Wird nun beispielhaft einem zur Wiedergabe der Bildelemente  $\alpha_{ij}$  vorgesehenen Farb-LC-Display mit Subpixeln R, G, B ein als Wellenlängenfilter-Array dienendes Farb-LC-Display mit Subpixeln R', G', B' vorgeordnet, so läßt sich erreichen, daß die von einem Subpixel R kommende Strahlung stets nur durch Subpixel R' des vorgeordneten Farb-LC-Displays hindurchtreten kann. Wird dabei dem Subpixel R die Teilinformation einer der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) zugeordnet, sind mit den Geraden durch die Flächenmitten der Subpixel R' und des Subpixels R die Ausbreitungsrichtungen für die Information dieses Bildelementes  $\alpha_{ij}$  vorgegeben. Das trifft im übertragenen Sinne auch für die Subpixel G und G' bzw. B und B' zu.

Auf diese Weise sind durch Zuordnung von Teilinformationen der verschiedenen Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) zu Subpixeln R, G, B des bildgebenden Farb-LC-Displays die jeweils gewünschten Ausbreitungsrichtungen der Bildinformationen festlegbar. So kann mit einem einfachen Aufbau, wie er nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert wird, erreicht werden, was beabsichtigt war, nämlich die wellenlängenabhängige Zuordnung der Bildelemente  $\alpha_{ij}$  einer der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) überwiegend zu dem einen oder dem anderen Auge eines Betrachters.

Insofern bezieht sich die Erfindung auch auf eine Anordnung zur räumlichen Darstellung einer Szene/eines Gegenstandes, bei der zur Wiedergabe der Bildelemente  $\alpha_{ij}$  ein Farb-LC-Display mit separat ansteuerbaren Subpixeln R, G, B vorgesehen und mit einer Ansteuerschaltung gekoppelt ist, die auf den Subpixeln R, G, B Bildelemente der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) generiert, bei der weiterhin mindestens ein Array aus einer Vielzahl von Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  vorhanden ist, das, bezogen auf die Blickrichtung eines Betrachters, dem Farb-LC-Display in einem vorgegebenen Abstand z. vor- und/oder nachgeordnet ist, wobei jeweils mehrere der Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  mit einem der Subpixel R, G, B derart korrespondieren, daß diese Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  für das von dem korrespondierenden Subpixel R, G, B ausgehende Licht transparent sind und wobei die Ausbreitungsrichtungen des von diesem Subpixel R, G, B ausgehenden Lichtes durch die Positionen dieser Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  bestimmt sind.

Der Abstand der Subpixel R, G, B auf dem Farb-LC-Display zueinander, der Abstand der Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  innerhalb des Arrays zueinander und der Abstand z zwischen dem Array aus Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  und dem Farb-LC-Display in der Blickrichtung eines Betrachters gemessen sind dabei so aufeinander abgestimmt, daß sich das von den Subpixeln R, G, B ausgehende Licht durch die korrespondierenden Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  derart in den bestimmten Richtungen ausbreitet, daß sich wie oben beschrieben eine dreidimensional wahrnehmbare Darstellung ergibt.

Bevorzugt ist als Wellenlängenfilterarray ein Farb-LC-Display vorgesehen und dieses mit einer Ansteuerschaltung gekoppelt, die die Subpixel R', G', B' in Abhängigkeit von den Parametern  $d_{pq}$ ,  $n_m$  und  $\lambda_b$  ansteuert, wobei jeweils die einem Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  zugeordnete Wellenlänge  $\lambda_b$  der Grundfarbe eines Subpixels R', G', B' bzw. eines korrespondierenden Subpixels R, G, B entspricht. Als zusätzlicher Wellenlängenbereich  $\lambda_b$  kann neben R, G, B ein für das sichtbare Licht komplett opaker Wellenlängenbereich  $\lambda_b$  vorgesehen sein, der im weiteren mit S bezeichnet wird.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Erfindung Anordnungen einschließt, bei denen das Wellenlängenfilter-Array in bezug auf die Blickrichtung eines Betrachters dem zur Wiedergabe der Bildelemente dienenden Farb-LC-Display nach- oder auch vorgeordnet ist und auch Anordnungen denkbar sind, bei denen dem Farb-LC-Display zur Wiedergabe der Bildelemente sowohl ein Wellenlängenfilter-Array vor- als auch ein Wellenlängenfilter-Array nachgeordnet ist.

Die Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  können auch bezüglich ihres Transparenzverhaltens auch zeitlich unveränderlich ausgelegt sein. Entscheidend und erfindungswesentlich ist, daß die Subpixel R, G, B zur Wiedergabe der Bildelemente  $\alpha_{ij}$  mit Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  bzw. Subpixeln R', G', B' so korrespondieren, daß sich eine Vielzahl von Ausbreitungsrichtungen entsprechend dem oben genannten Verfahren ergibt.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, daß entweder dem Farb-LC-Display zur Darstellung der

Bildelemente  $\alpha_{ij}$  oder einem als Wellenlängenfilter-Array dienenden Farb-LC-Display eine flächige Beleuchtungsquelle beige stellt ist, die im wesentlichen weißes Licht abstrahlt und deren flächige Ausdehnung etwa der Ausdehnung des jeweiligen Farb-LC-Displays entspricht. Dabei sind Farb-LC-Display und flächige Beleuchtungsquelle, so miteinander verbunden bzw. zueinander positioniert, daß das von der Beleuchtungsquelle ausgehende Licht durch die Subpixel R, G, B bzw. R', G', B' des Displays hindurch abgestrahlt und dabei entsprechend der Grundwellenlängen R, G, B gefiltert wird.

Mit dieser Anordnung wird vorteilhaft erreicht, daß von jedem der Subpixel R, G, B Licht mit im wesentlichen gleicher Intensität in Richtung auf die zugeordneten Subpixel R', G', B' bzw. umgekehrt abgestrahlt wird.

In einer weiteren besonderen Ausgestaltung ist die flächige Beleuchtungsquelle bezüglich ihrer Lichtintensität veränderbar, wodurch es möglich ist, während der räumlichen Darstellung eines Gegenstandes die Intensität zu variieren und somit dem Betrachter individuell anzupassen, um so die räumliche Wahrnehmbarkeit zu optimieren.

In konkreter Ausgestaltung der Erfindung kann die Baueinheit bestehend aus Beleuchtungsquelle und zugeordnetem Array durch ein elektrolumineszentes Display, eine Elektronenstrahlröhre, ein Plasma-Display, ein laserstrahlbeleuchtetes Display, ein LED-Display, ein Feldemissionsdisplay oder auch ein polymer-basiertes Anzeigegerät gebildet sein. Beispielsweise kann hierbei ein Plasma-Display vom Typ Pioneer PDP-501 MX oder Philips SFTV1.5-E; Model: 42PW9982/12 zum Einsatz kommen. Auch Großdisplays für Stadionanzeigen oder ähnlich sind denkbar.

Unter Umständen ist es weiterhin vorteilhaft, wenn der bisher beschriebenen erfindungsgemäßen Anordnung in Blickrichtung eines Betrachters eine vergrößernde oder verkleinernde Linse, bevorzugt eine Fresnellinse vorgeordnet ist. Dadurch wird erreicht, daß für den Betrachter eine reelle oder virtuelle Abbildung des räumlichen Bildes der Szene bzw. des Gegenstandes entsteht.

Die Erfindung bezieht sich auch weiterhin noch auf eine Anordnung zur wahlweise räumlichen oder zweidimensionalen Darstellung einer Szene/eines Gegenstandes, wobei diese mit Mitteln zur Veränderung der Transmissionseigenschaften der Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  ausgestattet ist. Dabei können die Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  wahlweise zum Zwecke einer 3D-Darstellung gemäß oben beschriebener Vorschrift zur Erzeugung eines Maskenbildes für eine vorgegebene Transparenzwellenlänge/-wellenlängenbereich  $\lambda_b$  transmittieren oder aber, zu Zwecken einer 2D-Darstellung, so transparent wie möglich, d. h. für das sichtbare Licht möglichst durchlässig, gesteuert werden.

Im konkreten Falle der Verwendung eines Farb-LC-Display als Wellenlängenfilterarray bedeutet dies, daß auf dem als 2D-Anzeige zu verwendenden Bildabschnitt alle RGB-Subpixel optimal transparent gesteuert werden, wobei ein weißer Beleuchtungsabschnitt entsteht, der für einen unbeeinträchtigten 2D-Eindruck sorgt.

Vorteilhaft ist im vorgenannten Fall die Ansteuerschaltung so ausgebildet, daß wahlweise entweder nur eine Auswahl der Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  oder die Gesamtheit der Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  hinsichtlich ihrer Transmissionseigenschaften umschaltbar sind, wodurch wahlweise die gesamte Darstellung der Szene/des Gegenstandes von der räumlichen auf die zweidimensionale Darstellung oder lediglich ausgewählte Anzeigebereiche von der räumlichen auf die zweidimensionale Darstellung verändert werden können.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine Ausgestaltungsvariante, bei der in Blickrichtung eines Betrachters zunächst ein erstes Farb-LC-Display als bilddarstellendes Raster und in einem vorgegebenen Abstand  $z$  dahinter ein zweites Farb-LC-Display als Wellenlängenfilter-Array anordnet ist,

Fig. 2 ein Beispiel für ein Maskenbild, erzeugt mit den als Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  genutzten Subpixeln R'G'B' des zweiten Farb-LC-Displays, stark vergrößert und nicht maßstäblich dargestellt,

Fig. 3 ein Beispiel für ein Gesamtbild aus den Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ), erzeugt mit den als Bildelemente  $\alpha_{ij}$  genutzten Subpixeln RGB des ersten Farb-LC-Displays, stark vergrößert und nicht maßstäblich dargestellt,

Fig. 4 die Struktur eines Maskenbildes nach Fig. 2, das ausschließlich aus roten Subpixeln R' gebildet ist,

Fig. 5 die Positionen der Teilinformationen aus den Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots 8$ ), die im Gesamtbild nach Fig. 3 durch rote Subpixel R wiedergegeben werden,

Fig. 6 die sichtbaren Teilinformationen bzw. Teile davon für ein Auge eines Betrachters beim Blick aus einer der Betrachtungsposition durch das Maskenbild aus Fig. 4 hindurch,

Fig. 7 die sichtbaren Teilinformationen bzw. Teile davon für das andere Auge des Betrachters beim Blick aus einer der Betrachtungsposition durch das Maskenbild aus Fig. 4 hindurch,

Fig. 8 eine von der Ausgestaltungsvariante nach Fig. 1 abweichende Ausgestaltung, bei der anstelle des zweiten Farb-LC-Displays ein Array aus Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  fest vorgegebenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereichen  $\lambda_b$  vorgesehen ist,

Fig. 9 einen Schnitt durch eine in Fig. 8 dargestellte Anordnung mit den Gegebenheiten nach Fig. 3 und Fig. 4,

Fig. 10 eine weitere von der Ausgestaltungsvariante nach Fig. 1 abweichende Ausgestaltung, bei der in Blickrichtung des Betrachters zunächst ein Array aus Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  fest vorgegebenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereichen  $\lambda_b$  und im Abstand  $z$  dahinter das bildgebende Farb-LC-Display positioniert sind,

Fig. 11 ein Beispiel zum Zustandekommen des Moiré-Effektes,

Fig. 12 ein Beispiel einer Maskenbildstruktur bei einer aus dem Stand der Technik bekannten Schwarz-Weiß-Barriere,

Fig. 13 ein Beispiel einer RGB-Maskenbildstruktur.

Das Ausführungsbeispiel, das nachfolgend zur Erläuterung der Erfindung dient, sieht sowohl für die Wiedergabe der Kombination von Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) auf Bildelementen  $\alpha_{ij}$  als auch zur Erzeugung des Maskenbildes mittels Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  jeweils ein derzeit handelsüblich verfügbares Farb-LC-Display vor, wie beispielsweise Sanyo LMU-TK 12A. Auf diese Weise läßt sich die erfindungsgemäße Anordnung einfach und kostengünstig realisieren. Das schließt jedoch nicht aus, daß für die Bildwiedergabe als auch für die Wellenlängenfilterung jede andere denkbare Ausführung möglich ist, sofern die Grundbedingungen der Erfindung erfüllt sind.

Von den verschiedenen Möglichkeiten, die hinsichtlich der Anordnung von bilddarstellendem Raster aus Bildelemen-



ten  $\alpha_{ij}$ , Array aus Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  und flächiger Beleuchtungsquelle möglich sind, ist in Fig. 1 eine Variante dargestellt, bei der in Blickrichtung B eines Betrachters 1 zunächst ein Farb-LC-Display 2 als bilddarstellendes Raster und in einem vorgegebenen Abstand z dahinter ein Farb-LC-Display 3 als Wellenlängenfilter-Array angeordnet sind. Das Farb-LC-Display 3 ist mit einer flächigen Beleuchtungsquelle 4 zu einer Baueinheit verbunden.

Außerdem sind das bildwiedergebende Farb-LC-Display 2 mit einer Ansteuerschaltung 5 und das als wellenlängenselektierende Farb-LC-Display 3 mit einer Ansteuerschaltung 6 verknüpft. Jedes der beiden Farb-LC-Displays 2, 3 verfügt über separat ansteuerbare Subpixel der Grundfarben rot (R), grün (G) und blau (B). Zur besseren Unterscheidbarkeit werden nachfolgend die Subpixel des Farb-LC-Displays 2 mit R, G, B bezeichnet, die Subpixel des Farb-LC-Displays 3 mit R', G', B', die den jeweiligen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereichen  $\lambda_b$  entsprechen.

Die Ansteuerschaltung 5 ist so ausgebildet, daß wie oben beschrieben auf den einzelnen Subpixeln R, G, B Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) generiert werden können.

Die Ansteuerschaltung 6 ist so ausgelegt, daß mit ihr die einzelnen Subpixel R', G', B' für die jeweilige Grundwellenlänge rot, grün und blau mit einer Transparenz zwischen 0% und 100% geschaltet werden können. Dabei würde die Transparenz mit 0% einem opaken Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  entsprechen.

Der Abstand z zwischen dem Farb-LC-Display 2 und dem Farb-LC-Display 3 beträgt 3,8 mm, wobei in diesem Falle die Subpixel R', G', B' des Farb-LC-Displays 3 mit den Subpixeln R, G, B des Farb-LC-Displays 2 so korrespondieren, daß sich die damit festgelegten Ausbreitungsrichtungen des von den Subpixeln R', G', B' austretenden und durch die Subpixel R, G, B hindurchtretenden Lichtes innerhalb eines Betrachtungsraumes 7, in dem sich ein oder mehrere Beobachter 1 befinden, in einer Vielzahl von Schnittpunkten treffen. Diese Schnittpunkte der Ausbreitungsrichtungen entsprechen Beobachtungspositionen, von denen aus mit einem Augenpaar die Szene/der Gegenstand räumlich wahrgenommen werden kann.

Dabei wurde der Abstand z für die Ausgestaltungsvariante nach Fig. 1 ermittelt aus

$$\frac{z}{s_p} = \frac{d_a}{p_d}$$

Für  $s_p$  wurde der mittlere horizontale Abstand der Subpixel R', G', B' auf dem in Blickrichtung nachgeordneten Farb-LC-Display 3 mit 70  $\mu\text{m}$  angenommen. Für die mittlere Pupillendistanz  $p_d$  wurde 65 mm gesetzt. Als mittlerer Betrachtungsabstand  $d_a$  wurde 2,5 m gewählt. Daraus ergibt sich der auszuführende Abstand z mit 3,8 mm.

Vorteilhaft ist das Array mit den Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$ , sofern dies dem Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$  in Blickrichtung des Betrachters vorgeordnet ist, möglichst dünn ausgeführt. Umgekehrt, sofern das Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$  vorgeordnet ist, sollte dieses möglichst dünn ausgeführt sein. Daher ist in Fig. 1, Fig. 8 und Fig. 10 der Abstand z zwischen den einander zugekehrten Flächen des Arrays bzw. des Rasters eingetragen und beinhaltet nicht noch zusätzlich die Dicke der jeweils vorgeordneten Baugruppe. Als solche möglichst dünnen Baugruppen kommen beispielsweise bedruckte Folien oder dünne Farb-LC-Displays in Frage.

Die Ausbreitungsrichtungen sind jeweils durch die Flächenmitten der sichtbaren Abschnitte der betreffenden Subpixel R', G', B' und RGB vorgegeben, wobei sich die Strahlengänge nicht nur in einer Ebene, sondern vielfach räumlich verteilt ausbreiten.

In Fig. 2 ist ein Beispiel für ein Maskenbild anhand einzelner Subpixel R', G', B' des Farb-LC-Displays 3 in einer Draufsicht auf die Displayfläche dargestellt, der Anschaulichkeit halber stark vergrößert und nicht maßstäblich. Die dargestellten Teilflächen entsprechen jeweils einem Subpixel, das bei Transparentsteuerung für Licht der jeweiligen Grundfarbe rot (R'), grün (G') und blau (B') durchlässig ist. Mit S sind die Subpixel bezeichnet, die opak gesteuert sind. Die Teilflächen sind hier vereinfacht quadratisch dargestellt; auf die exakte Darstellung der Form der Subpixel R', G', B' wurde hier bewußt verzichtet.

Werden beispielsweise zur Erzeugung eines Maskenbildes mit  $b_{\max} = 4$  drei Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  vorgegeben für R, G, B und ein weiterer Transparenzwellenlängenbereich  $\lambda_4$ , mit dem das sichtbare Licht komplett abgeblockt werden kann, so ergibt sich unter Verwendung der Koeffizientenmatrix  $d_{pq}$ , die man nach der Vorschrift erzeugen kann

$$d_{pq} = \frac{p-1-(p \bmod 3)}{q} \delta((p+q) \bmod 8) + \left(\frac{p-4}{q}\right) \delta[\delta((p+q) \bmod 8)]$$

ein für die räumliche Darstellung eines Gegenstandes/einer Szene auf der Grundlage von  $n = 8$  Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) gut geeignetes Maskenbild.

Hinter dem in Fig. 2 dargestellten Array, in diesem Falle also unterhalb der Zeichnungsebene der Fig. 2, befindet sich die flächige Beleuchtungsquelle 4. Bei eingeschalteter Beleuchtungsquelle 4 geht von den einzelnen Subpixeln R', G', B' Licht der jeweiligen Grundfarben rot, grün und blau aus. Die mit S bezeichneten Subpixel bleiben dunkel.

Fig. 3 zeigt ein Beispiel für die Kombination von Teilinformationen verschiedener Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots 8$ ) in einer Draufsicht auf das Raster des Farb-LC-Displays 2, die nach der bereits beschriebenen Funktion erzeugt worden ist

$$k = i - c_{ij} \cdot j - n \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{i - c_{ij} \cdot j - 1}{n} \right],$$

wobei  $c_{ij} = \text{const.}$  und  $n = 8$  gewählt sind.

Auch hier entspricht jede quadratische Teilfläche einem Subpixel R, G, B. Die innerhalb der quadratischen Teilflächen angegebenen Ziffern 1  $\dots$  8 = k geben die jeweilige Ansicht  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) an, zu der die auf einem Subpixel bzw. einem Bildelementen  $\alpha_{ij}$  angezeigte Teilinformation gehört. So gehört eine auf einem mit k = 1 bezeichneten Subpixel angezeigte Teilinformation zur Ansicht  $A_1$ , eine auf einem mit k = 2 bezeichneten Subpixel angezeigte Teilinformation zur

Ansicht  $A_2$  usw. In dem gewählten Ausführungsbeispiel sind demnach zur räumlichen Darstellung acht Ansichten  $A_1$  bis  $A_8$ , vorzugsweise Perspektivansichten, vorgesehen.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde u. a. darauf verzichtet, die "Black-Matrix" darzustellen, die oftmals technisch bedingt in Farb-LC-Displays eingearbeitet ist.

- 5 Stellt man sich nun vor, daß das in Fig. 3 dargestellte Raster dem in Fig. 2 dargestellten Array in Blickrichtung vorgeordnet ist, wie in Fig. 8 gezeigt, so ist das jeweils von einem Subpixel  $R'$  der Grundfarbe rot kommende Licht (Fig. 2) durch alle korrespondierenden Subpixel  $R$  des Rasters (Fig. 3) hindurch in den Betrachtungsraum 7 (der über der Zeichenebene liegt) hinein gerichtet und führt dabei die Teilinformationen mit, die auf den Subpixeln  $R$  dargestellt sind und Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) entsprechen.

- 10 Die Wirkungsweise, die hierbei dem Zustandekommen des räumlichen Eindrucks zugrunde liegt, soll nun anhand von Fig. 4 bis Fig. 7 ausführlich erläutert werden, wobei eine Anordnung gemäß Fig. 10 zugrunde liegt.

- Vereinfachend werden diesbezüglich ausschließlich rote Bildelemente  $\alpha_{ij}$  bzw. rote Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  betrachtet. Das bedeutet, daß in Fig. 4 nur die roten Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  aus Fig. 2 dargestellt sind; Fig. 4 zeigt demzufolge die Struktur eines Maskenbildes mit Subpixeln  $R'$ . Entsprechend zeigt Fig. 5 nur die roten Bildelemente  $\alpha_{ij}$  aus Fig. 3. Die in die Spalten der Darstellung in Fig. 5 eingetragenen Zahlen entsprechen der fortlaufenden Nummer  $k$  der Ansicht  $A_k$  ( $k = 1 \dots 8$ ), aus der die auf diesem Bildelement  $\alpha_{ij}$  bzw. Subpixel  $R$  darzustellende Teilinformation zu entnehmen ist, um ein Kombinationsbild aus den Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots 8$ ) zu erzeugen. Diese beispielhafte Erläuterung ist auf blau und grün in äquivalenter Weise übertragbar.

- Die Darstellungen in Fig. 4 und Fig. 5 sind nicht maßstäblich gezeichnet, und das Maskenbild ist etwas vergrößert dargestellt. Dies soll den Sachverhalt widerspiegeln, daß z. B. bei Verwendung eines Maskenbildes nach Fig. 2, bei dem die Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  tatsächlich die gleichen Abmessungen besitzen wie die Bildelemente  $\alpha_{ij}$  in Fig. 3, das Maskenbild einem Betrachter auf Grund der näheren Position in Blickrichtung etwas größer erscheint als das Raster mit den Bildelementen  $\alpha_{ij}$ .

- Legt man nun – gedanklich – dieses leicht vergrößerte Maskenbild nach Fig. 4 unmittelbar auf das Kombinationsbild nach Fig. 5, so werden die für verschiedene Augenpositionen sichtbaren Bildelemente  $\alpha_{ij}$  oder Anteile davon erkennbar.

- Dies ist in Fig. 6 und Fig. 7 beispielhaft für zwei – jeweils für verschiedene Augenpositionen gedachte – Maskenbilder dargestellt. Man erkennt, daß z. B. aus der Augenposition, die der Fig. 6 zugeordnet ist, vornehmlich Bildelemente  $\alpha_{ij}$  (oder Anteile davon) der Ansichten  $A_7$  und  $A_8$  wahrnehmbar sind. Nach Fig. 7 dagegen sind aus einer Position, in der sich das andere Auge desselben Betrachters befindet, vornehmlich Bildelemente  $\alpha_{ij}$  (oder Teile davon) aus den Ansichten  $A_4$  und  $A_5$  sichtbar.

- Damit soll lediglich das Grundprinzip des erfindungsgemäßen Verfahrens verdeutlicht werden. Mit der Vielfalt, die aus der flächenhaften Anordnung von Bildelementen  $\alpha_{ij}$  resultiert, ergibt sich dann die dreidimensionale Wahrnehmung: beide Augen sehen aus den Betrachtungspositionen Bildelemente  $\alpha_{ij}$  bzw. Teilinformationen überwiegend verschiedener Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ), wobei der Anteil der für jedes Auge wahrnehmbaren Teilinformationen für die dreidimensionale Wahrnehmung entscheidend ist.

- Abweichend von der Grundkonfiguration nach Fig. 1 sind weitere Ausgestaltungsvarianten der Erfindung möglich. So kann z. B. – wie in Fig. 8 dargestellt – vorgesehen sein, daß anstelle des Farb-LC-Displays 3 (in Fig. 1) ein Wellenlängenfilter-Array 8 angeordnet ist, das zwar in ähnlicher Weise wie das Farb-LC-Display 3 strukturiert angeordnete Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  aufweist, die beispielsweise jedoch bezüglich ihrer Wellenlängenselektivität nicht veränderbar sind. Jedem dieser Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  ist die Selektivität nach den Grundfarben rot, grün oder blau bzw. opak oder anderer Transparenzwellenlänge/-wellenlängenbereich  $\lambda_b$  unveränderbar zugeordnet, weshalb hier auch die Ansteuerschaltung überflüssig ist.

- Fig. 9 gibt einen Schnitt durch eine solche in Fig. 8 dargestellte Anordnung wieder, wobei die Gegebenheiten nach Fig. 3 und Fig. 4 zugrunde gelegt worden sind. Die Darstellung ist auch hier unmaßstäblich, kann aber trotzdem zur Erläuterung dienen: In Fig. 9 sieht beispielsweise das rechte Auge  $r$  jeweils etwa ein halbes Bildelement  $\alpha_{ij}$  mit Teilinformationen aus den Ansichten  $A_3$  (in diesem Falle  $R$ ) und  $A_8$  (in diesem Falle  $B$ ) und einen sehr geringen Teil eines Bildelementes  $\alpha_{ij}$  mit einer Teilinformation aus der Ansicht  $A_6$  (in diesem Falle  $G$ ). Das linke Auge hingegen nimmt jeweils etwa ein halbes Bildelement  $\alpha_{ij}$  mit Teilinformationen aus den Ansichten  $A_4$  (in diesem Falle  $R$ ) und  $A_1$  (in diesem Falle  $G$ ) sowie jeweils einen sehr geringen Teil eines Bildelementes  $\alpha_{ij}$  mit Teilinformationen aus den Ansichten  $A_1$  und  $A_2$  (in diesem Falle  $B$ ) wahr.

- In einer weiteren Ausgestaltungsvariante, die von Fig. 1 und Fig. 2 abweicht, kann nach Fig. 10 vorgesehen sein, daß von der Position des Betrachters 1 in Blickrichtung zunächst das Wellenlängenfilter-Array 8 und in dem Abstand  $z$  dahinter das bildgebende Farb-LC-Display 2 positioniert sind, wobei letzteres mit der flächigen Beleuchtung 4 zu einer Baueinheit verbunden ist. Hiermit wird grundsätzlich der gleiche Effekt erzielt, nämlich die Ausbreitungsrichtungen des von den Subpixeln  $R, G, B$  des Farb-LC-Displays 2 kommenden Lichtes durch die korrespondierenden Subpixel  $R', G', B'$  des Wellenlängenfilter-Arrays 8 hindurch schneiden sich im Betrachtungsraum 7 in einer Vielzahl von Betrachtungspositionen, aus denen der dargestellte Gegenstand räumlich wahrnehmbar ist.

- Nochmals sei darauf hingewiesen, daß sich der Gegenstand der Erfindung nicht auf die hier beispielhaft dargestellten Anordnungen beschränkt, sondern daß von der Erfindung alle Anordnungen erfaßt sind, bei denen die Ausbreitungsrichtungen durch eine wellenlängenselektive Struktur, die nach oben genannter Vorschrift erzeugt wird, im Zusammenspiel mit einem – bevorzugt farbigen – Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$  festgelegt werden.

- Wie die Verringerung bzw. Vermeidung von Moiré-Effekten als ein wesentlicher Vorteil der Erfindung zustande kommt, soll nachfolgend beispielsweise anhand der in Fig. 10 gezeigten Anordnung erläutert werden, wobei das Kombinationsbild aus Fig. 3 und das Maskenbild aus Fig. 2 zugrunde gelegt werden. Es wird als bekannt vorausgesetzt, daß Moiré-Streifen bei der Überlagerung streifenförmig ähnlicher Muster in der Richtung entstehen, welche senkrecht auf der Winkelhalbierenden des eingeschlossenen Winkels aus zwei Vorzugsrichtungen der verschiedenen besagten Muster stehen.

Im Falle eines handelsüblichen Farb-LC-Displays sind die Subpixel in Spalten angeordnet, wobei genau jede dritte

Spalte ausschließlich rote Subpixel enthält. Da im gewählten Ausführungsbeispiel sowohl für die Wiedergabe der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) als auch für die Erzeugung des Maskenbildes handelsübliche Farb-LC-Displays verwendet werden, ist demnach eine der für die Ermittlung der Winkelhalbierenden in Betracht zu ziehende Richtung stets die Vertikale. Die jeweils zweite Richtung ergibt sich, wenn man auf dem Maskenbild einen ausgewählten roten Subpixel mit einem anderen durch eine Gerade verbindet. (Bezugspunkte seien stets die unteren linken Ecken der Subpixel).

In Fig. 11 ist dies für eine solche Gerade beispielhaft dargestellt. Die resultierende Winkelhalbierende ist mit einer Strichlinie dargestellt, während die Mittelsenkrechte auf der Winkelhalbierenden die Ausbreitungsrichtung des zugeordneten Moiré-Streifens angibt. Für alle weiteren in Fig. 11 dargestellten Verbindungsgeraden bzw. -richtungen zweier roter Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  des Maskenbildes lassen sich so analog die korrespondierenden Ausbreitungsrichtungen für Moiré-Streifen ermitteln. Darüberhinaus gibt es noch eine Vielzahl weiterer relevanter Richtungen, die wegen der ausschnittweisen Darstellung des Maskenbildes hier nicht ersichtlich sind.

Die Wahrnehmbarkeit der Moiré-Streifen hängt unmittelbar zusammen mit der Raumfrequenz der roten Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  auf den Verbindungsgeraden. Je geringer der Abstand der roten Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  auf den Geraden ist, d. h. je höher die Raumfrequenz der roten Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  ist, um so deutlicher sind die entsprechenden Moiré-Streifen wahrnehmbar.

Da sich in einer Anordnung nach Fig. 2 bzw. Fig. 11 aber gleichzeitig sehr viele Moiré-Streifen entwickeln, ist für einen Betrachter keine dominierende Moiré-Vorzugsrichtung wahrzunehmen.

Sämtliche hier dargelegten Überlegungen gelten gleichermaßen auch für die grünen und blauen Bildelemente  $\alpha_{ij}$  bzw. Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$ , wodurch auch dort eine Verminderung der Moiré-Effekte erzielt wird.

Die Gründe für die verbesserte Textlesbarkeit – verglichen mit bekannten Schwarz-Weiß-Barrierungsverfahren – sollen im folgenden anhand der Fig. 12 und der Fig. 13 erläutert werden. Fig. 12 zeigt beispielsweise die Verhältnisse bei einer aus dem Stand der Technik bekannten Schwarz-Weiß-Barriere, wenn auf eine für das sichtbare Licht transparente Spalte T drei opake Spalten S folgen, was einer Barriere für ein System mit vier Ansichten entspricht.

Werden wellenlängenabhängige Maskenbildstrukturen ganz ohne opake Flächen verwendet, wie beispielsweise in Fig. 13 gezeigt, und wird beiden Maskenbildstrukturen nach Fig. 12 und Fig. 13 gewöhnlicher Text untergelegt, so ist unter der Schwarz-Weiß-Barriere im Mittel nur ein Teil, nämlich ein Viertel der dargestellten Textfläche sichtbar. Bei der RGB-Barriere nach Fig. 13 hingegen ist der Text unter jedem Filter sichtbar. Dies erleichtert die Textlesbarkeit ganz wesentlich.

#### Bezugszeichenliste

1 Betrachter	
2 Farb-LC-Display mit Bildelementen $\alpha_{ij}$	
3 Farb-LC-Display mit Wellenlängenfiltern $\beta_{pq}$	
4 Beleuchtungsquelle	
5 Ansteuerschaltung	
6 Ansteuerschaltung	
7 Betrachtungsraum	
8 Wellenlängenfilter-Array	
$\alpha_{ij}$ Bildelemente in Zeilen i und Spalten j	
$\beta_{pq}$ Wellenlängenfilter in Zeilen p und Spalten q	
$\lambda_b$ Transparenzwellenlängen/-wellenlängebereiche	
i, p Zeilen	
j, q Spalten	
z Abstand	
R, G, B Subpixel der Grundfarben (rot, grün, blau) als Bildelemente $\alpha_{ij}$	
R', G', B' Subpixel der Grundfarben (rot, grün, blau) als Wellenlängenfilter $\beta_{pq}$	

#### Patentansprüche

- Verfahren zur räumlichen Darstellung einer Szene/eines Gegenstandes, bei dem eine Vielzahl einzelner Bildelemente  $\alpha_{ij}$  in einem Raster aus Zeilen i und Spalten j gleichzeitig sichtbar gemacht wird,
  - wobei die Bildelemente  $\alpha_{ij}$  Teilinformationen aus mehreren Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) der Szene/des Gegenstandes wiedergeben und
  - benachbarte Bildelemente  $\alpha_{ij}$  Licht verschiedener Wellenlängen  $\lambda$  bzw. Wellenlängenbereiche  $\Delta\lambda$  abstrahlen, **dadurch gekennzeichnet**, daß
  - für das von den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  abgestrahlte Licht Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden, die von der Wellenlänge  $\lambda$  bzw. dem Wellenlängenbereich  $\Delta\lambda$  dieses Lichtes abhängig sind,
  - wobei sich die Ausbreitungsrichtungen innerhalb eines Betrachtungsraumes (7), in dem sich der/die Betrachter (1) aufhalten, in einer Vielzahl von Schnittpunkten, die jeweils einer Betrachtungsposition entsprechen, kreuzen,
  - wodurch von jeder Betrachtungsposition aus ein Betrachter (1) mit einem Auge überwiegend Teilinformationen einer ersten Auswahl und mit dem anderen Auge überwiegend Teilinformationen einer zweiten Auswahl aus den Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) optisch wahrnimmt.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausbreitungsrichtungen vorgegeben werden durch ein oder mehrere Arrays aus einer Vielzahl einzelner, in Zeilen p und Spalten q angeordneter Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$ , die dem Raster mit den Bildelementen  $\alpha_{ij}$  in Blickrichtung vor- und/oder nachgeordnet sind, wobei jeweils ein Bildelement  $\alpha_{ij}$  mit mehreren zugeordneten Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  oder ein Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  mit mehreren zuge-

ordneten Bildelement  $\alpha_{ij}$  derart korrespondieren, daß jeweils die Verbindungsgerade zwischen der Flächenmitte eines sichtbaren Abschnittes des Bildelementes  $\alpha_{ij}$  und der Flächenmitte eines sichtbaren Abschnittes des Wellenlängenfilters  $\beta_{pq}$  einer Ausbreitungsrichtung entspricht.

3. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuordnung von Teilinformationen aus den Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) zu Bildelementen  $\alpha_{ij}$  der Position  $i, j$  nach der Funktion vorgenommen wird

$$k = i - c_{ij} \cdot j - n \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{i - c_{ij} \cdot j - 1}{n} \right],$$

mit

- $i$  dem Index eines Bildelementes  $\alpha_{ij}$  in einer Zeile des Rasters,
- $j$  dem Index eines Bildelementes  $\alpha_{ij}$  in einer Spalte des Rasters,
- $k$  der fortlaufenden Nummer der Ansicht  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ), aus der die Teilinformation stammt, die auf einem bestimmten Bildelement  $\alpha_{ij}$  wiedergegeben werden soll,
- $n$  der Gesamtzahl der jeweils verwendeten Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ),
- $c_{ij}$  einer wählbaren Koeffizientenmatrix zur Kombination bzw. Mischung der verschiedenen von den Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) stammenden Teilinformationen auf dem Raster und
- IntegerPart einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

4. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  in Abhängigkeit von ihrer Transparenzwellenlänge/ihrer Transparenzwellenlängenbereich  $\lambda_b$  nach folgender Funktion zu einem Maskenbild kombiniert werden

$$b = p - d_{pq} \cdot q - n_m \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{p - d_{pq} - 1}{n_m} \right],$$

mit

- $p$  dem Index eines Wellenlängenfilters  $\beta_{pq}$  in einer Zeile des Arrays,
- $q$  dem Index eines Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  in einer Spalte des Arrays,
- $b$  einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  an der Position  $p, q$  eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche  $\lambda_b$  festlegt und Werte zwischen 1 und  $b_{\max}$  haben kann,
- $n_m$  einem ganzzahligen Wert größer "Null", der bevorzugt der Gesamtzahl  $k$  in dem Kombinationsbild dargestellten Ansichten  $A_k$  entspricht,
- $d_{pq}$  einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Erzeugung eines Maskenbildes und
- IntegerPart einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

5. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand  $z$  zwischen dem Array aus Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  und dem Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$ , in Blickrichtung gemessen, nach folgender Gleichung festgelegt wird:

$$\frac{z}{s_p} = \frac{d_a}{p_d}$$

worin bedeuten

- $s_p$  den mittleren horizontalen Abstand zwischen zwei Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$ , wenn das Array mit den Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  in Blickrichtung eines Betrachters hinter dem Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$  angeordnet ist, oder den mittleren horizontalen Abstand zwischen zwei Bildelementen  $\alpha_{ij}$ , wenn das Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$  in Blickrichtung eines Betrachters hinter dem Array mit den Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  angeordnet ist,
- $p_d$  die mittlere Pupillendistanz bei einem Betrachter und
- $d_a$  einen wählbaren Betrachtungsabstand, der im wesentlichen dem mittleren aller im gesamten Betrachtungsraum möglichen Abstände zwischen dem Raster aus Bildelementen  $\alpha_{ij}$  und einem Betrachter bzw. einer Betrachtungsposition entspricht.

6. Anordnung zur räumlichen Darstellung einer Szene/eines Gegenstandes nach einem der vorgenannten Verfahrensschritte, dadurch gekennzeichnet, daß

- zur Wiedergabe von Teilinformationen aus den Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) ein Farb-LC-Display (2) mit separat ansteuerbaren Subpixeln R, G, B vorgesehen ist, wobei jeweils ein Subpixel R, G, B in der Zeile  $i$  und in der Spalte  $j$  einem Bildelement  $\alpha_{ij}$  entspricht,
- das Farb-LC-Display (2) mit einer Ansteuerschaltung gekoppelt ist, die auf den Subpixeln R, G, B Teilinformationen der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) nach der Funktion generiert

$$k = i - c_{ij} \cdot j - n \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{i - c_{ij} \cdot j - 1}{n} \right]$$

- und ein Array aus einer Vielzahl von Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$ , bezogen auf die Blickrichtung eines Betrach-

ters, dem Farb-LC-Display (2) in einem vorgegebenen Abstand z vor- und/oder nachgeordnet ist, wobei mit der Position der Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  im Array für das von den Subpixeln R, G, B ausgehende Licht Ausbreitungsrichtungen vorgegeben sind, die sich in Betrachtungspositionen schneiden, von denen aus Teilinformationen einer ersten Auswahl der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) in überwiegender Anzahl von dem einen und Teilinformationen einer zweiten Auswahl der Ansichten  $A_k$  ( $k = 1 \dots n$ ) in überwiegender Anzahl von dem anderen Auge eines oder mehrerer Betrachter (1) wahrnehmbar sind.

7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Array aus Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  ein Farb-LC-Display (3) mit Subpixeln R', G', B' vorgesehen ist, die nach der Funktion in Zeilen p und Spalten q angesteuert sind

$$b = p - d_{pq} \cdot q - n_m \cdot \text{IntegerPart} \left[ \frac{p - d_{pq} - 1}{n_m} \right], \quad 10$$

mit

- p dem Index eines Wellenlängenfilters  $\beta_{pq}$  in einer Zeile des Arrays, 15
- q dem Index eines Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  in einer Spalte des Arrays,
- b einer ganzen Zahl, die für ein Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  an der Position p, q eine der vorgesehenen Transparenzwellenlängen/-wellenlängenbereiche  $\lambda_b$  festlegt und Werte zwischen 1 und  $b_{\max}$  haben kann,
- $n_m$  einem ganzzahligen Wert größer "Null", der bevorzugt der Gesamtzahl k in dem Kombinationsbild dargestellten Ansichten  $A_k$  entspricht, 20
- $d_{pq}$  einer wählbaren Maskenkoeffizientenmatrix zur Variation der Erzeugung eines Maskenbildes und
- IntegerPart einer Funktion zur Erzeugung der größten ganzen Zahl, die das in eckige Klammern gesetzte Argument nicht übersteigt.

8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Farb-LC-Display (3) mit einer Ansteuerschaltung (6) zur Veränderung der Transparenz der Subpixel R', G', B' gekoppelt ist. 25

9. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in Blickrichtung eines Betrachters (1) dem Farb-LC-Display (2) mit den Subpixeln R, G, B und dem Farb-LC-Display (2) mit den Subpixeln R', G', B' eine flächige Beleuchtungsquelle (4), die weißes Licht ausstrahlt, nachgeordnet ist.

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Array aus Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  und die zugeordnete flächige Beleuchtungsquelle (4) Teile einer Baueinheit sind, bevorzugt eines elektrolumineszenten Displays, einer Elektronenstrahlröhre, eines Plasmadisplays, eines laserstrahlbeleuchteten Displays, eines LED-Displays, eines Feldemissionsdisplays oder eines polymer-basierten Anzeigegerätes. 30

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilflächen, welche die einzelnen Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  im Array einnehmen, einen vieleckigen, bevorzugt quadratischen, besonders bevorzugt rechteckigen Umriß aufweisen. 35

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Farb-LC-Display (2) mit Subpixeln R, G, B und das Array aus Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  zu einer Baueinheit zusammengefaßt sind, wobei der in Blickrichtung gemessene Abstand z zwischen dem Farb-LC-Display (2) und dem Array aus Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  1 mm bis 10 mm beträgt.

13. Anordnung nach einem der Ansprüche 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Baueinheit aus dem Farb-LC-Display (2) und dem Array aus Wellenlängenfiltern  $\beta_{pq}$  in Blickrichtung eines Betrachters (1) eine Linse, bevorzugt eine Fresnellinse vorgeordnet ist, wodurch je nach Ausbildung der Linse eine reelle oder virtuelle Abbildung der räumlichen Darstellung der Szene/des Gegenstandes für den Betrachter entsteht. 40

14. Anordnung zur wahlweise räumlichen oder zweidimensionalen Darstellung nach den Ansprüchen 6 bis 13, jedoch ausgestattet mit Mitteln zur Veränderung der Transmissionseigenschaften der Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  derart, daß die Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  je nach Ansteuerung entweder zwecks dreidimensionaler Darstellung gemäß Anspruch 7 ausgebildet oder zwecks zweidimensionaler Darstellung in ihrer Gesamtheit so transparent wie möglich, d. h. für das sichtbare Licht möglichst durchlässig, sind. 45

15. Anordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ansteuerschaltung vorgesehen ist, mit der wahlweise eine Auswahl der Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  oder die Gesamtheit der Wellenlängenfilter  $\beta_{pq}$  hinsichtlich ihrer Transmissionseigenschaften umschaltbar sind, wodurch wahlweise entweder die gesamte Darstellung der Szene/des Gegenstandes von der räumlichen auf die zweidimensionale Darstellung oder lediglich ausgewählte Ansichtsbereiche von der räumlichen auf die zweidimensionale Darstellung verändert werden können. 50

---

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -



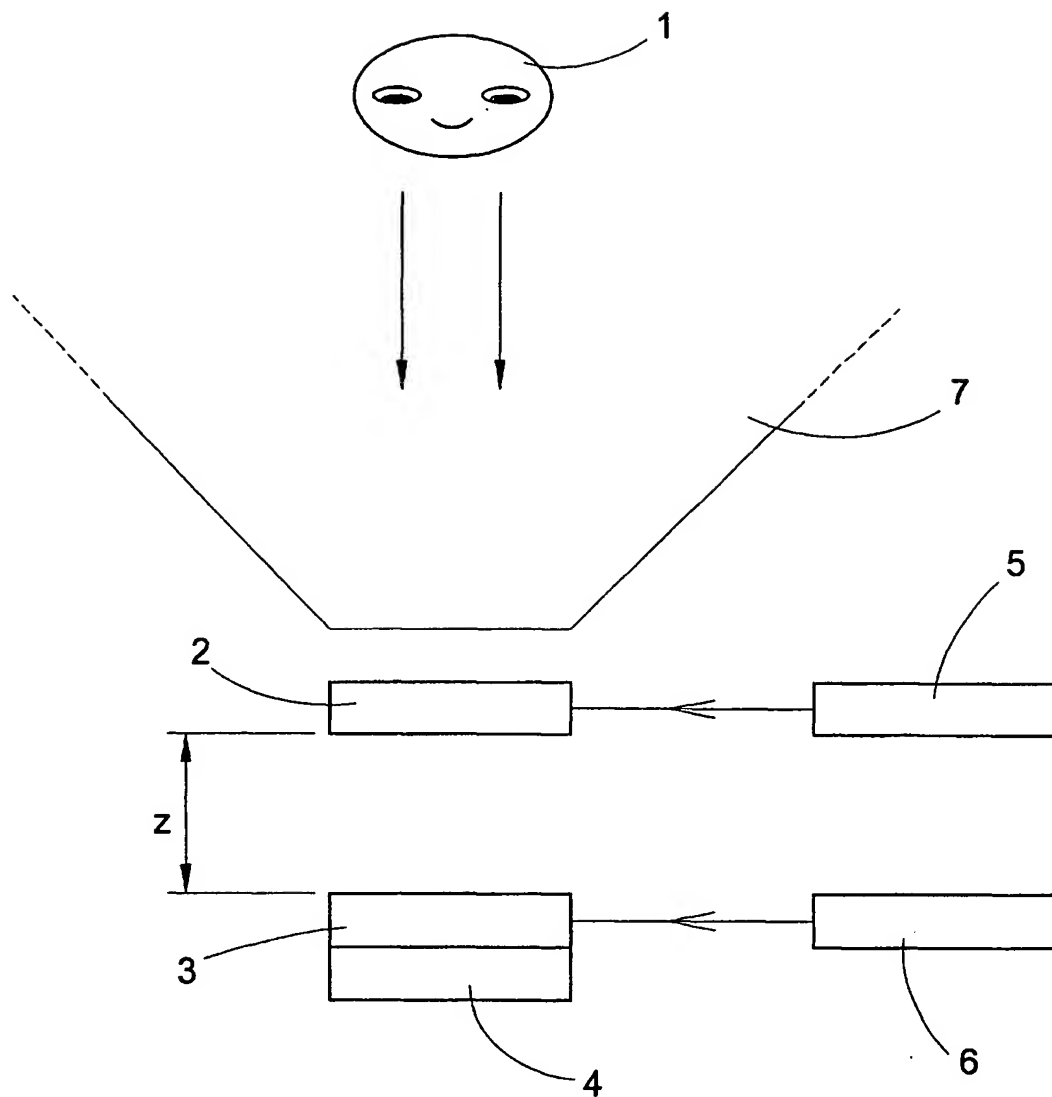


Fig.1

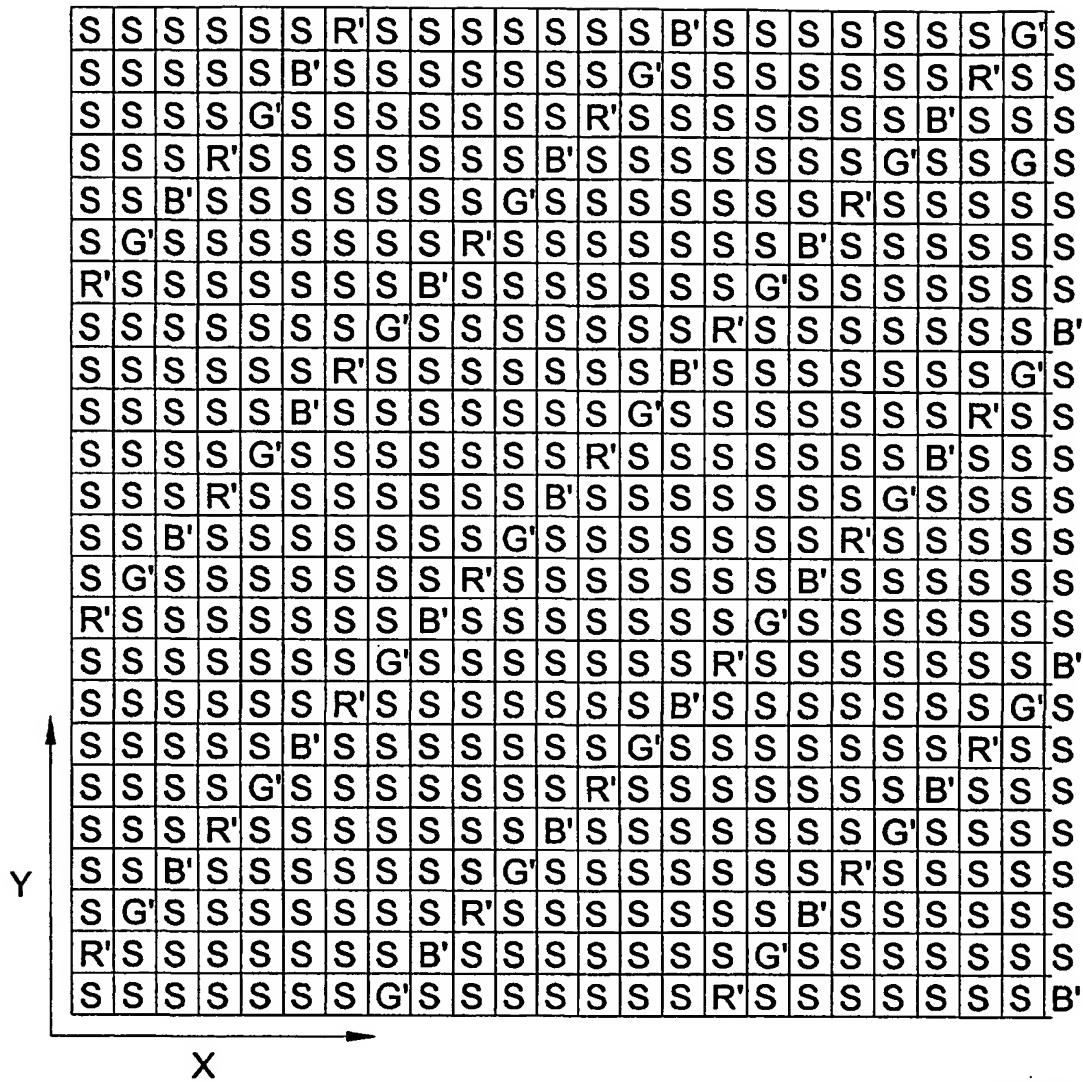


Fig.2

R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8

Fig.3

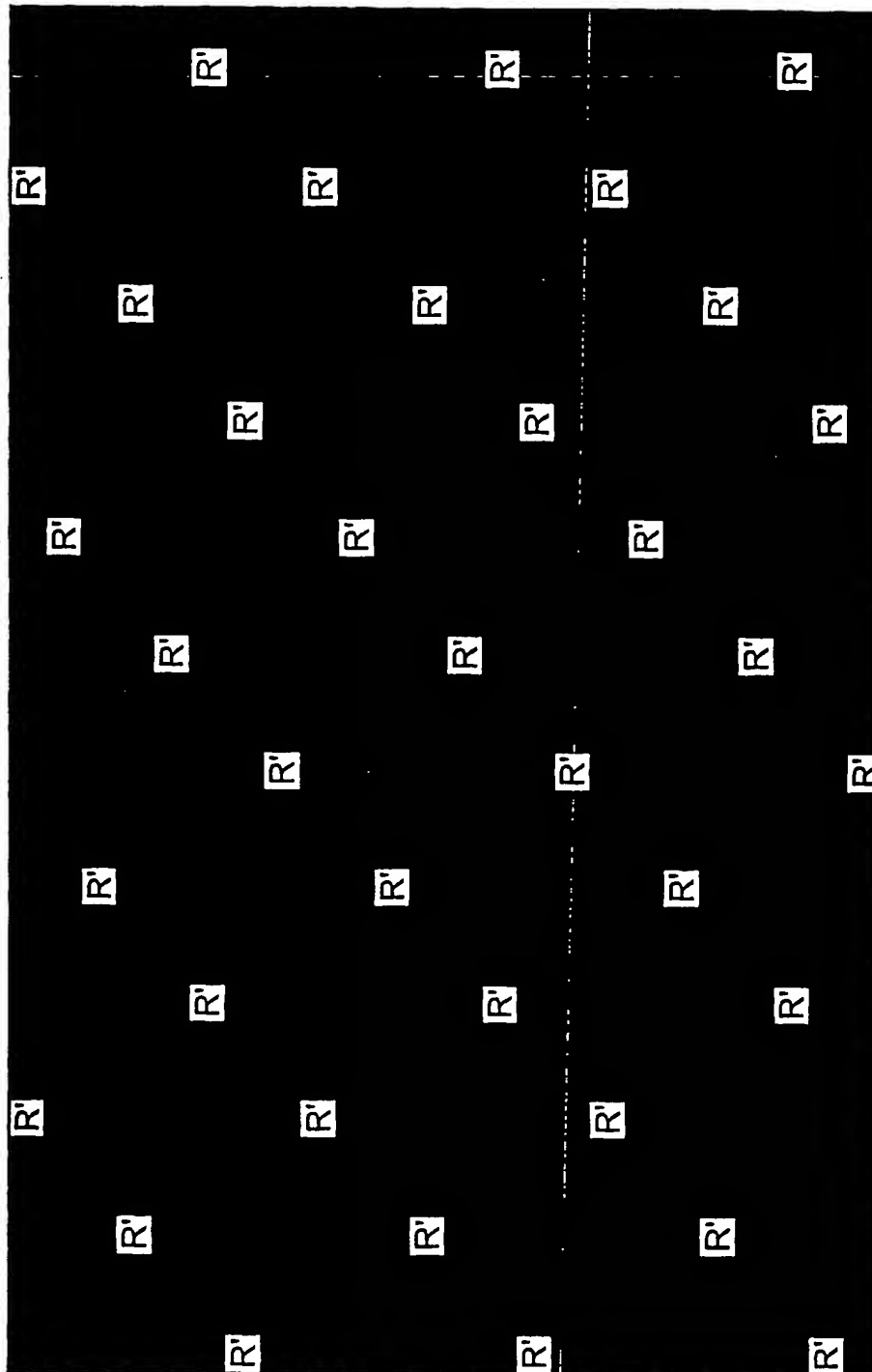
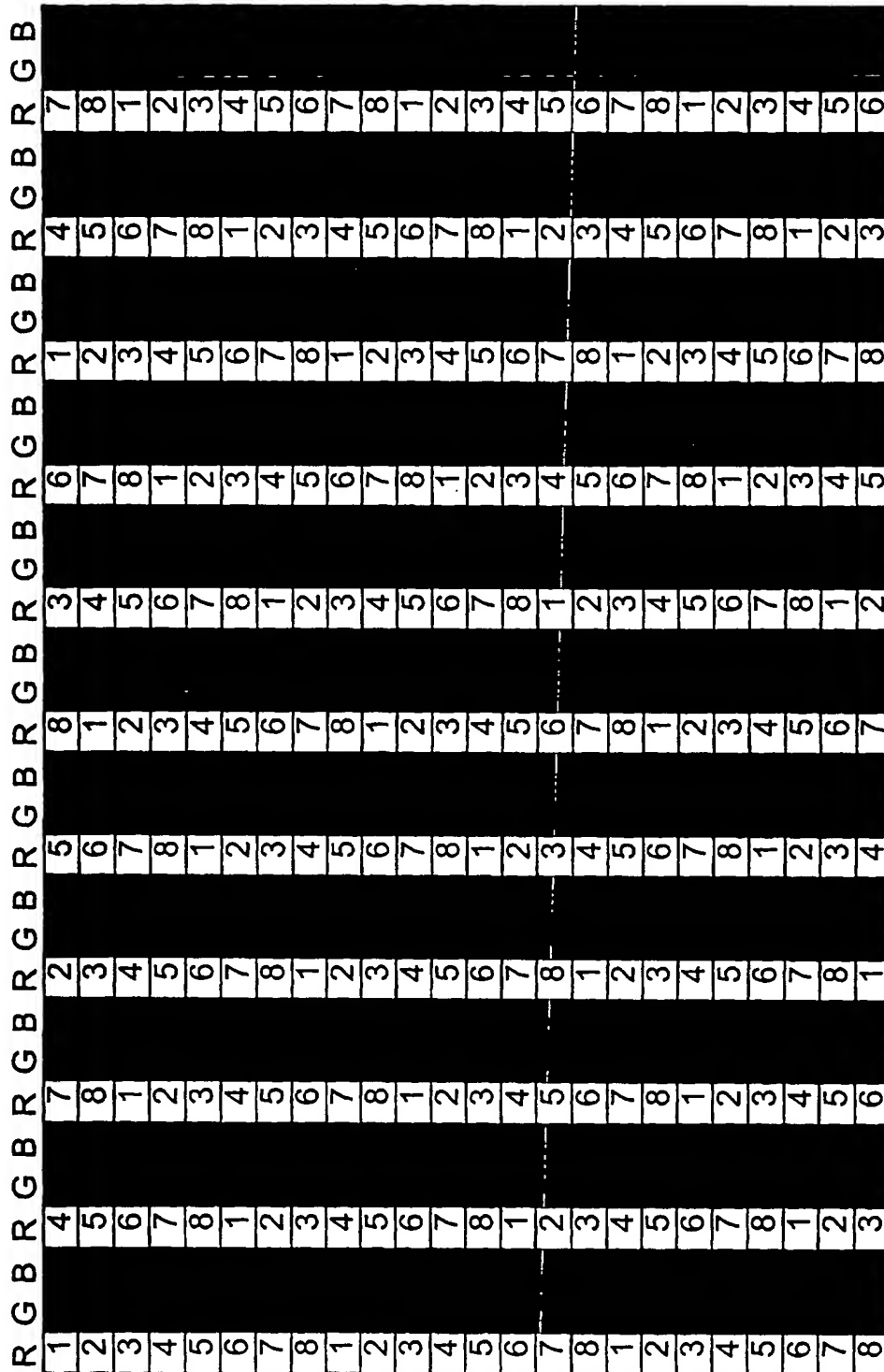


Fig.4



**Fig. 5**

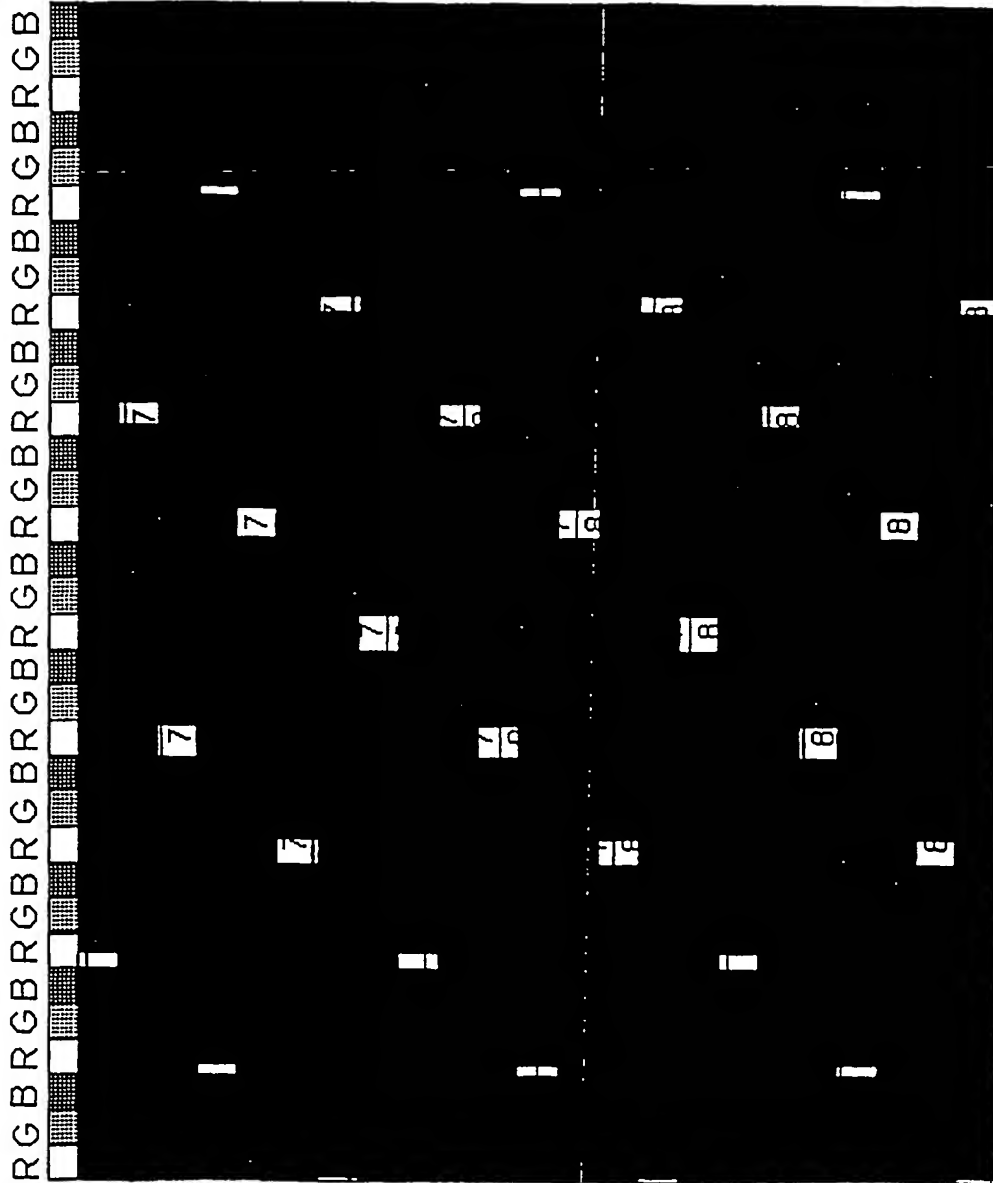
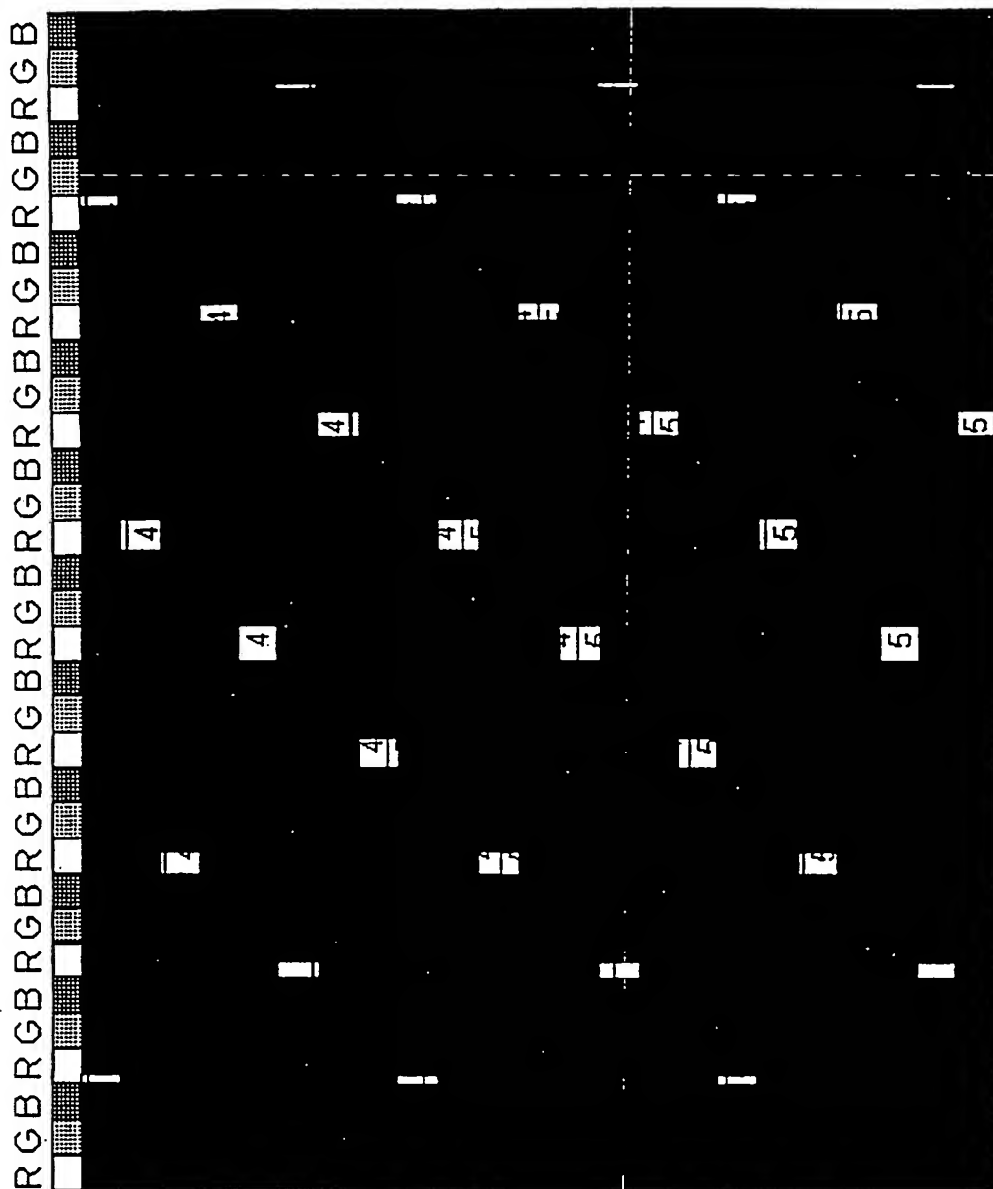


Fig. 6





**Fig. 7**

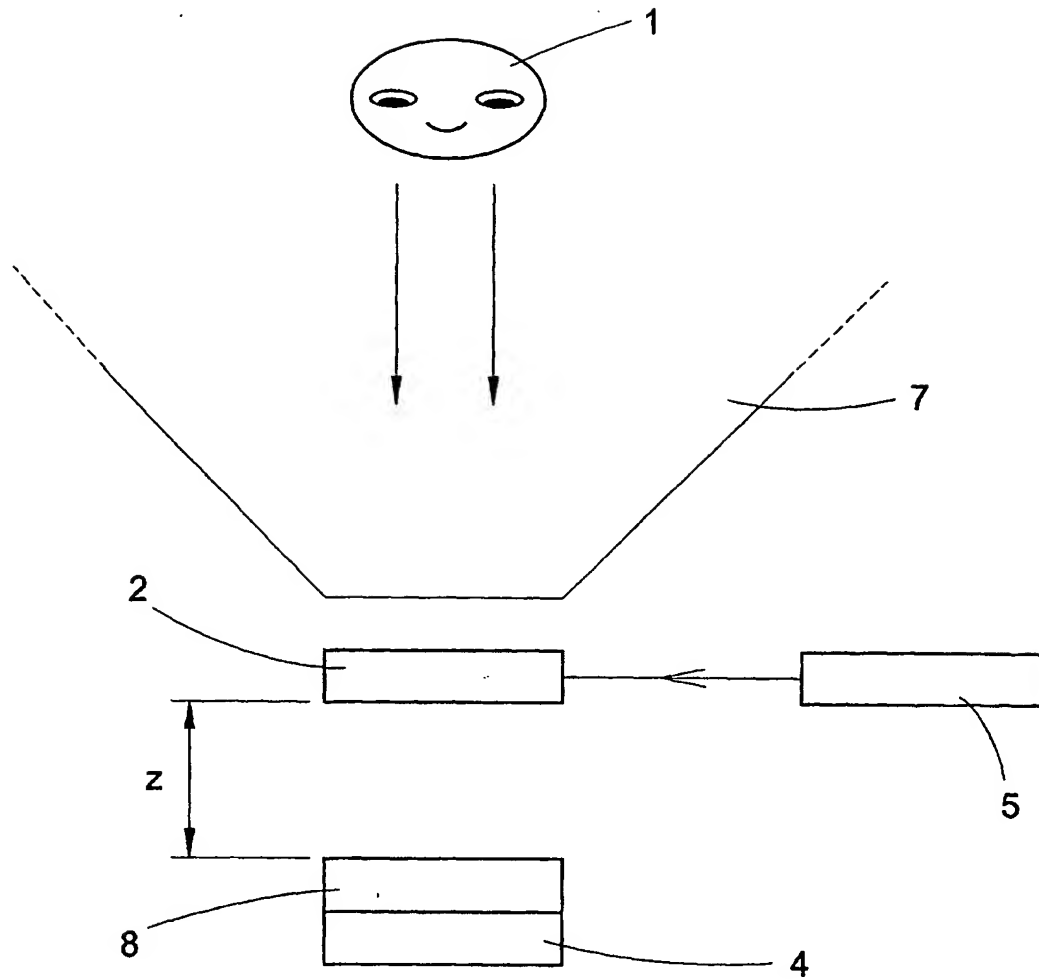


Fig.8

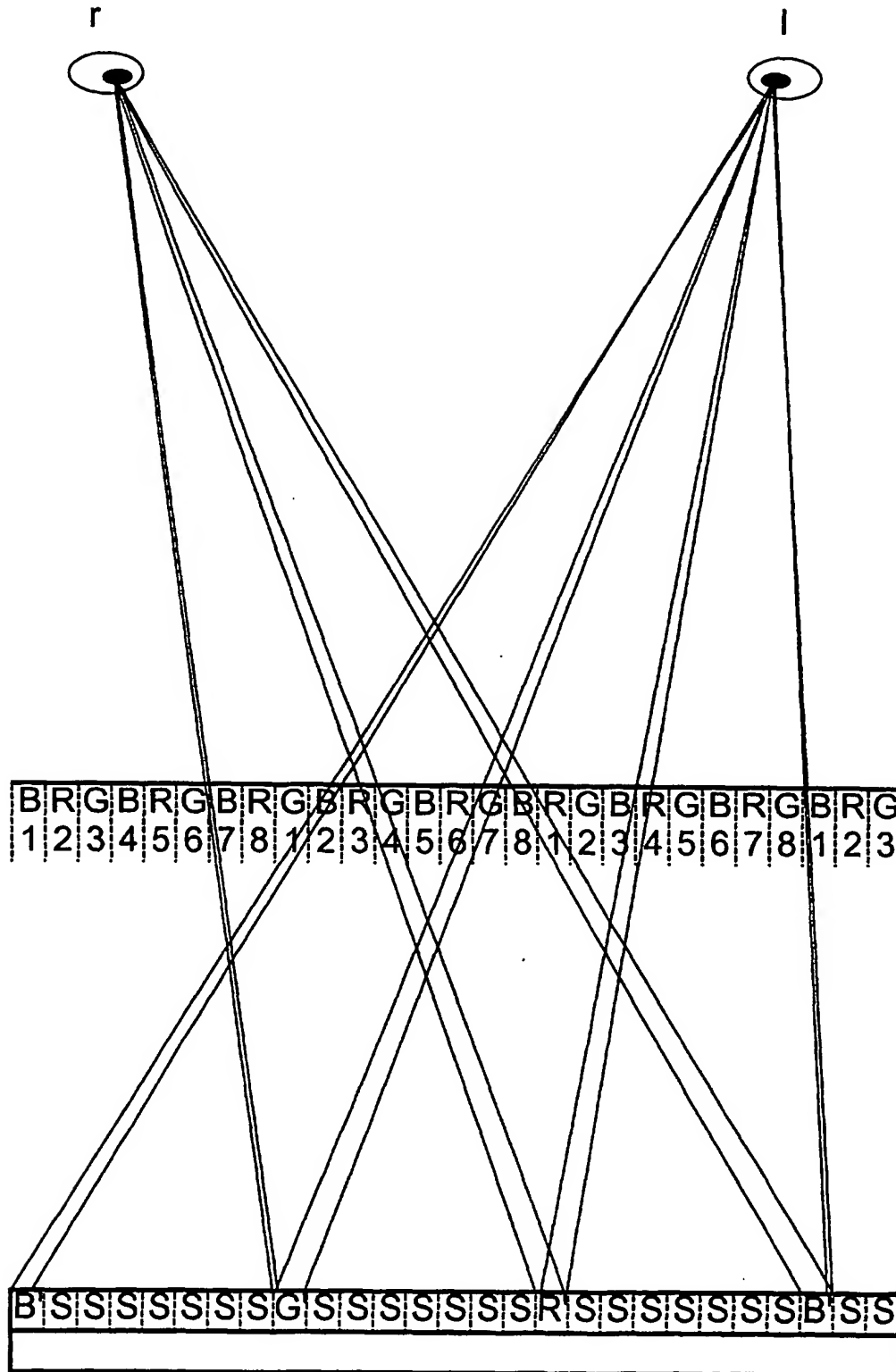


Fig. 9

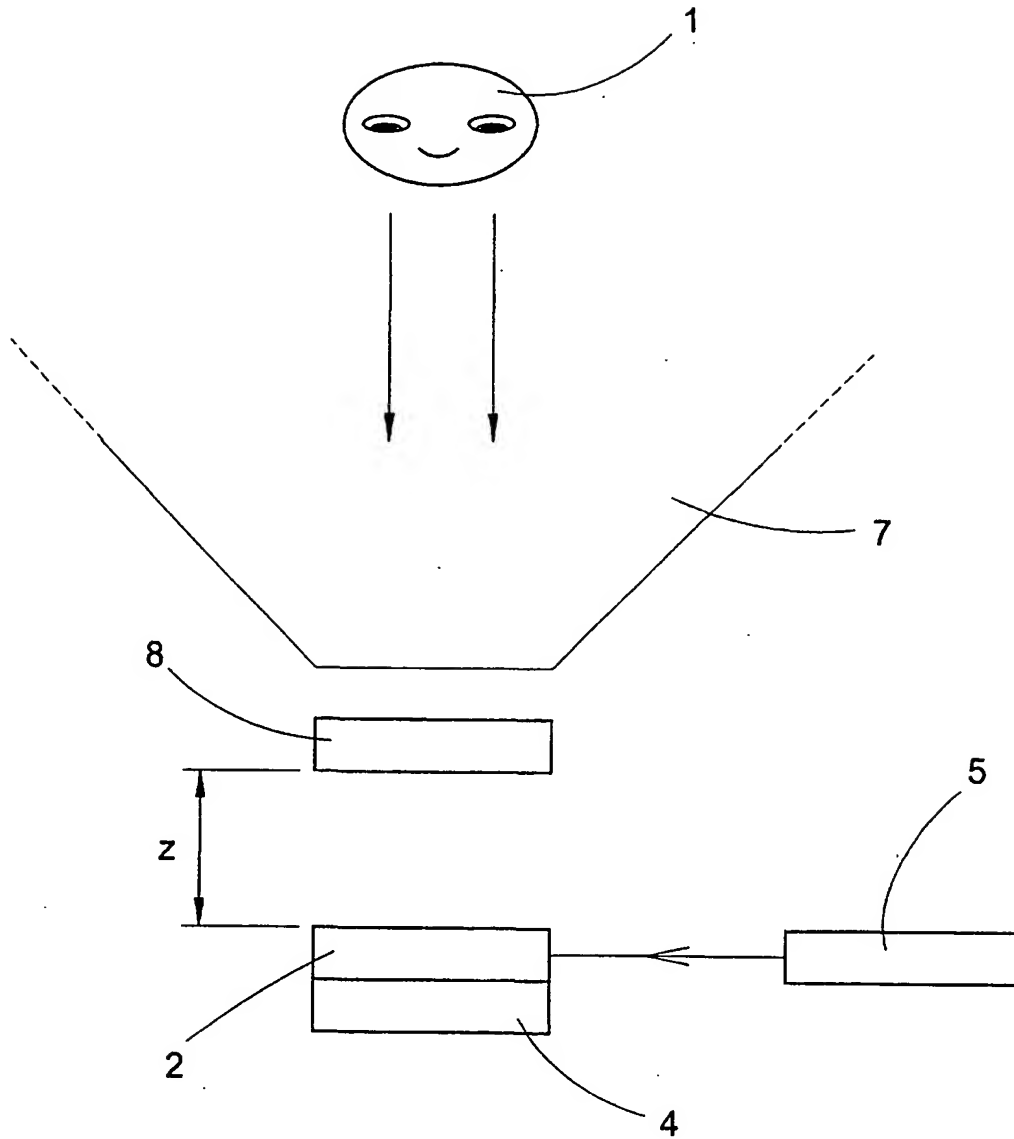


Fig.10

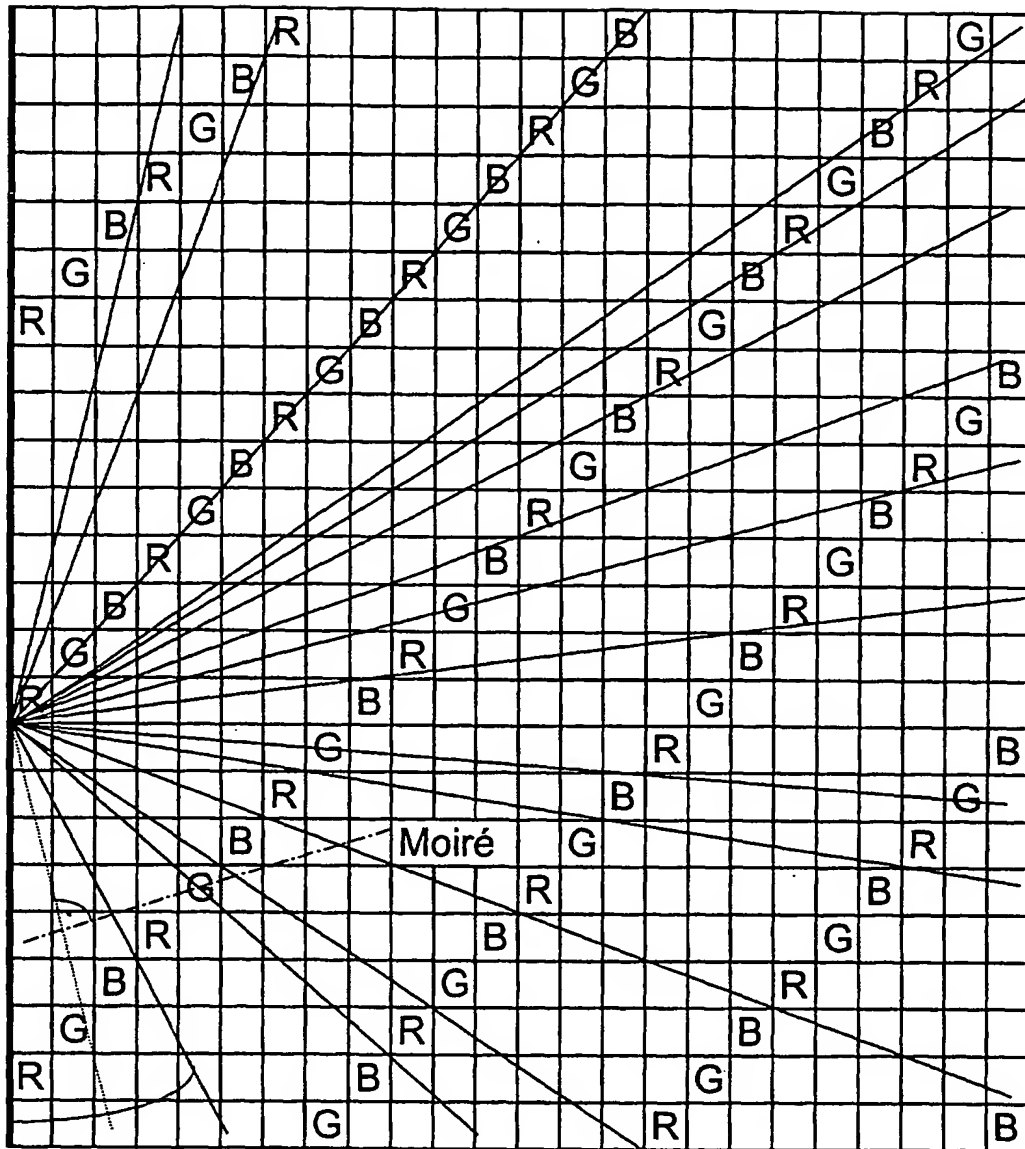


Fig. 11

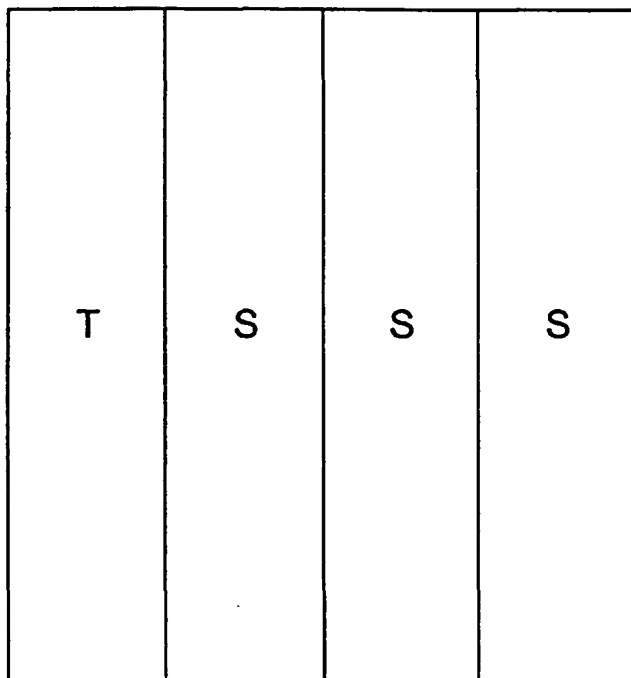


Fig. 12

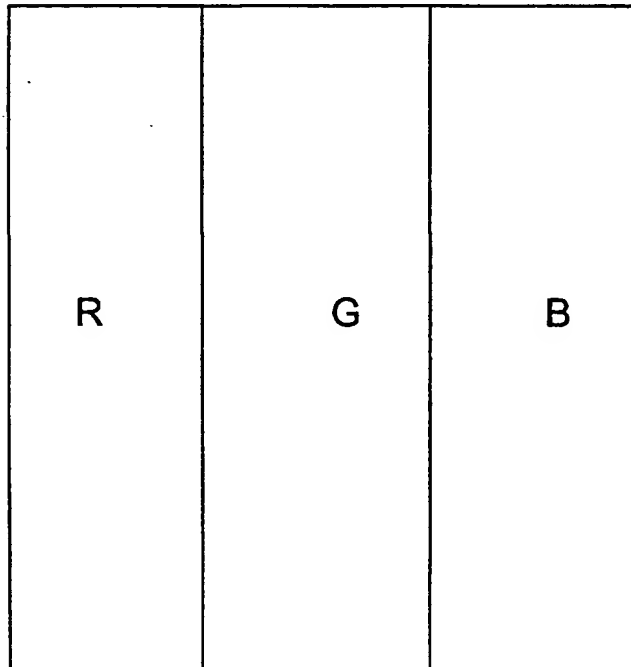


Fig. 13